

液状化法の違いによる地盤中の杭の挙動に関する実験

東京電機大学 正会員 安田 進
東京電機大学 学生会員 山口 将
東京電機大学 学生会員 小見 允久

1. はじめに

1964 年の新潟地震や 1995 年の兵庫県南部地震において、液状化およびそれに伴い発生した地震の流動による杭基礎の被害や構造物の被害が数多く発生した。これらの契機に、液状化地盤中の杭の挙動に関して多くの研究や実験が行われているが、地盤中の液状化による地盤反力の低下割合に関してもまだ厳密には明らかになっていない。そこで本研究では、液状化した地盤中の杭の地盤反力を求める方法として、加振により液状化させる方法とボーリングにより液状化させる方法の 2 通りをとりあげ、振動台実験を行い、そして両者において地盤の地盤反力の低下に与える影響について検討した。

2. 実験方法

実験装置の振動台には電気油圧式振動試験装置を用い、土槽には、幅 1200×奥行き 450mm×高さ 750mm の擬似せん断土槽を用いた。試料には豊浦標準砂($G_s=2.65$ 、 $e_{\max}=0.973$ 、 $e_{\min}=0.608$)を用いた。杭模型には、直径 15mm、肉厚 3 mm、長さ 600mm のアクリル製杭を用い、土槽下端に固定した。この上部を水平方向に載荷する装置を土槽に設置した。地盤模型の作成方法としては、ジェット及びボーリングで、攪拌する方法を用いた。地盤の密度は相対密度 $Dr=50\%$ 、 70% 、 90% になるように、加振により調整した。計測器としては間隙水圧計、加速度計、ひずみゲージを用いて、図 1 に示すように配置した。

実験は、模型地盤を作成した後、振動台を所定の大きさの加速度で 10 波 (3.3 秒) 加振して、液状化させ、その直後に振動台を 20gal に減振させると同時に杭の載荷を 0.2cm/秒の速度で行った。またこの他に模型地盤を作成した後、ボーリングにより液状化させ、それと同時に杭の載荷をするという実験も行った。杭頭の変位量と荷重は、それぞれレーザー変位計とロードセルを用いて測定した。杭のひずみは、ひずみゲージとブリッジボックスを用いて測定した。

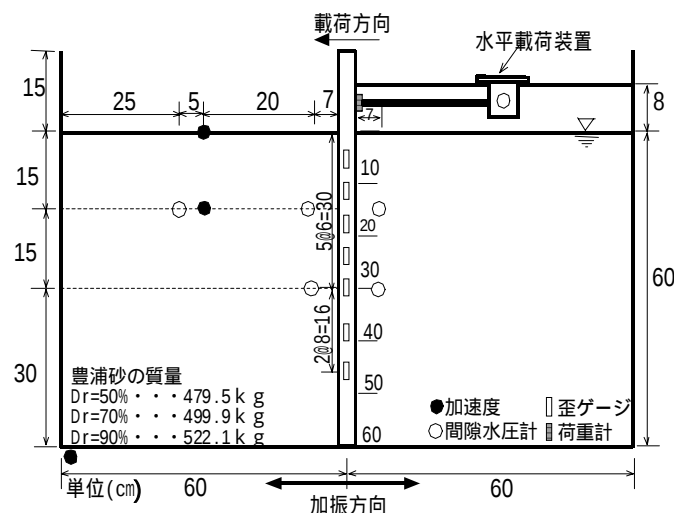


図 1. 計測器配置・杭の水平載荷装置図

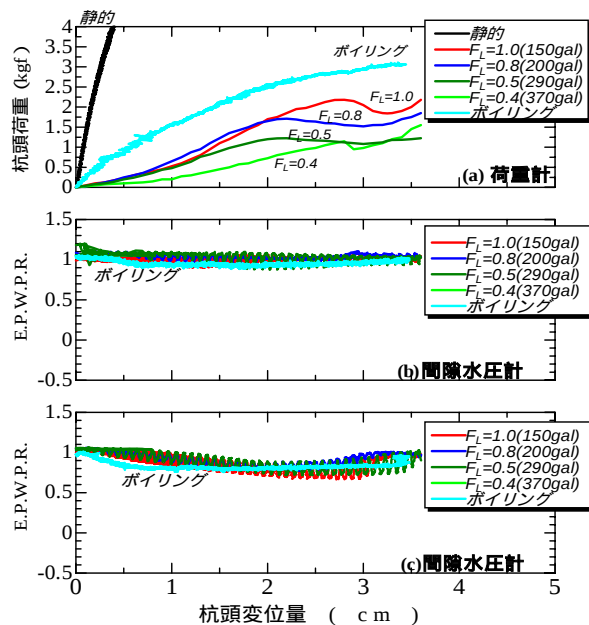


図 2. $Dr=50\%$ における荷重・水圧比 - 杭頭変位関係

キーワード 液状化 ボーリング 振動台実験 杭基礎

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL049(296)2911 FAX049(296)6501

3. 実験結果

図2から図4に相対密度 $Dr = 50\% \cdot 70\% \cdot 90\%$ における杭頭荷重、水圧比 - 杭頭変位量の関係を示す。相対密度 $Dr=50\%$ の加振载荷実験の場合、杭頭荷重が増加していく際に杭頭荷重は一端最大値に達してから少し減少し、再び増加していく傾向になった。これは液状化した地盤が、杭を载荷することによって土粒子がせん断され、正のダイレタンシーが生じ、水圧が減少して強度が回復したものと考えられる。さらに杭を载荷すると、杭は地盤をすり抜け、周辺地盤のひずみが小さくなり、水圧は増加へと転じたものと考えられる。この現象はボイリング実験の $Dr=50\%$ 場合でも確認できた。

次に間隙水圧、 F_L の変化を比較してみると加振载荷実験、ボイリング载荷実験の両方の場合とも、間隙水圧計には間隙水圧計より杭の载荷によるせん断力の影響を受け易い所にあるため、水圧比の変化は大きくなった。これは液状化していた地盤が、杭を载荷することで周辺の地盤が変形し正のダイレタンシーの影響により間隙水圧が低下したためと考えられる。この傾向は地盤が密になるにつれて、顕著になった。

杭頭荷重の変化を見てみると、 $Dr=50\%$ 、 $Dr=70\%$ の場合ボイリング载荷実験では、杭頭変位の増加に伴い杭頭荷重は増加していった。一方、加振実験の場合には、 F_L が小さいほど杭頭荷重の大きさは小さくなった。両者の実験を比較すると $Dr=50\%$ 、 $Dr=70\%$ の場合、杭頭荷重は加振载荷実験の $F_L = 1$ よりボイリング载荷実験の方が大きくなった。これは加振载荷実験の場合、加振を行うことで、模型地盤の土粒子骨格が壊れ易いが、ボイリング载荷実験の場合は、ボイリングをしても土粒子骨格が壊れにくいいため、ボイリング载荷実験の方が、杭頭荷重が大きくなったと考えられる。一方 $Dr=90\%$ の場合、ボイリング载荷実験より加振载荷実験の方が、杭頭荷重が大きくなった。これは加振载荷実験では、正のダイレタンシーにより水圧が大きく減少したためと考えられ、ボイリング载荷実験では、過剰水圧を与えるため、加振载荷実験のようなことがあまり起きなかったためと考えられる。ちなみに、ボイリング実験と同様の水圧となっている $F_L = 0.4$ の場合は、荷重も同様となった。

4. まとめ

液状化に伴う地盤反力の低下を調べるため、加振とボイリングの2つの方法で液状化させ、そこに杭の水平载荷を行う実験を行った。その結果、加振による方が、地盤反力が大きく低減することや、またその傾向は、地盤の相対密度により異なることがわかった。

<参考文献>

- ・佐々木康・松本秀應・近藤益央：液状化地盤中のくいの水平载荷実験，土木技術資料 29-11、1987。

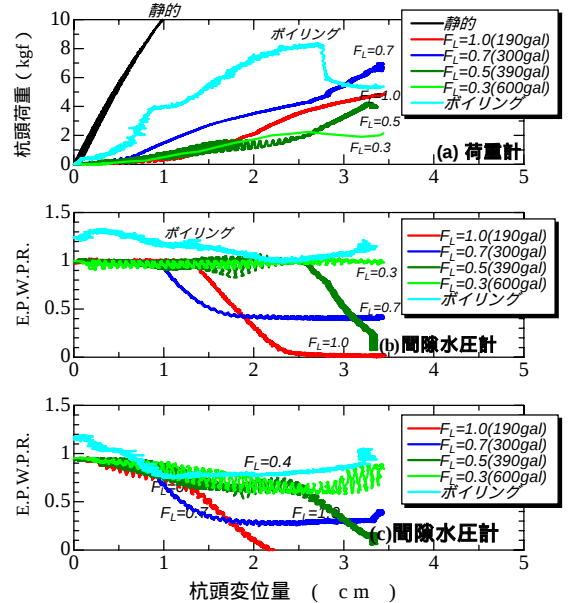


図3. $Dr=70\%$ における荷重・水圧比 - 杭頭変位関係

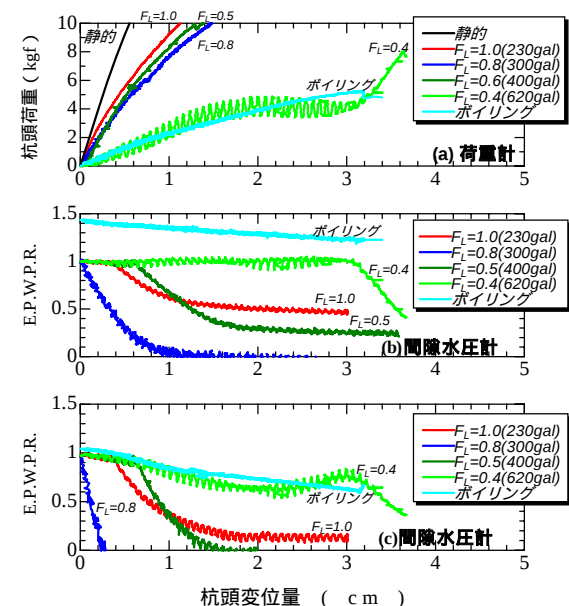


図4. $Dr=90\%$ における荷重・水圧比 - 杭頭変位関係