

液状化した密な地盤中の杭の挙動に関する模型実験

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 渡部麻衣子

1. はじめに

1964 年の新潟地震では、液状化による杭基礎の被害が数多く発生し、1995 年の兵庫県南部地震においても、液状化およびそれに伴い発生した地盤の流動による杭基礎の被害が数多く発生した。これらの地震以後、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、液状化地盤中の杭基礎に水平荷重が作用した場合の杭と液状化地盤の相互作用のメカニズムは確立していない。そこで、本研究では振動台と杭の水平載荷装置を用いて、加振載荷実験を行い地盤密度の相違による杭頭水平変位量と杭頭荷重の関係について検討した。

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 1200mm × 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 3mm、長さ 600mm のアクリル製杭を用い、土槽下端に固定した。模型地盤の作製方法は、過去の研究により開発されたジェットおよびボイリング方法で、土槽内の試料を水を送りこむことで攪拌させ、再堆積させる再利用方法を用いた。地盤の密度は相対密度で 50%、70%、90% になるようにした。計測器としては間隙水圧計と加速度計、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、模型地盤を作製した後、振動台を所定の大きさの加速度で 10 波 (3.3 秒間) 加振し液状化させ、その直後に振動台を減振させると同時に杭の載荷を行った。この他に模型地盤の状態として、振動台を加振しない静的状態についても実験を行った。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。

3. 実験結果

相対密度 $Dr=50\%$ 、70%、90% の杭頭荷重、間隙水圧 - 杭頭変位の関係を図 2 から図 4 (a) は荷重計の杭頭荷重 - 杭頭変位の関係、(b) は間隙水圧計の間隙水圧 - 杭頭変位の関係、(c) は間隙水圧計の間隙水圧 - 杭頭変位の関係) にそれぞれ示す。図 2 から図 4 の (a) より、杭頭荷重と杭頭変位の関係は、加振を行わない静的載荷実験の場合、杭頭変位の増加に伴い杭頭荷重は急激に増加していった。一方、加振をさせた後に載荷した加振載荷実験の場合には、 F_L が小さい、つまり液状化の程度が激しいほど強度が回復するまでの杭頭荷重の大きさは小さくなった。また、図 2 から図 4 の (b)

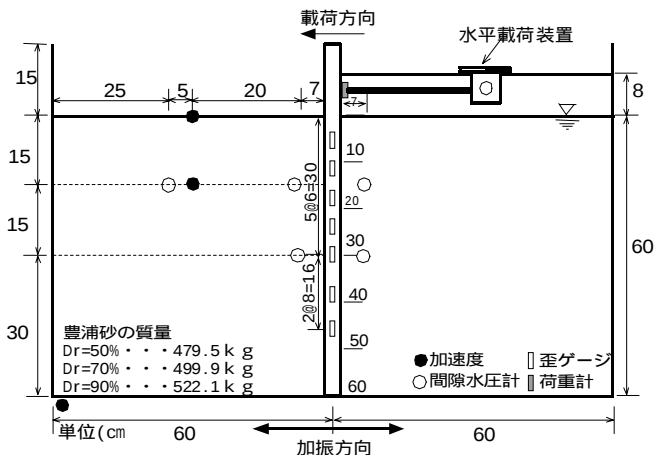


図 1. 計測器配置・杭の水平載荷装置図

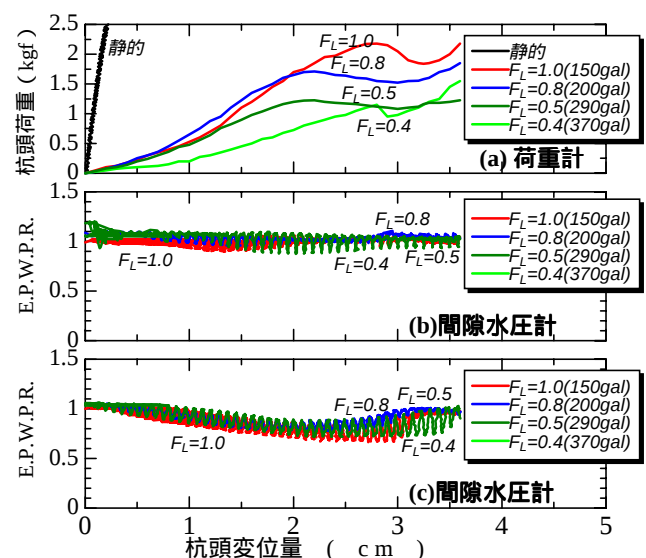


図 2. $Dr=50\%$ の杭頭荷重、間隙水圧 - 杭頭変位の

キーワード 液状化 相対密度 振動台 杭の水平載荷

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

より、杭の荷重によるせん断力の影響が少ない間隙水圧計の間隙水圧と杭頭変位の関係は、相対密度 50% の場合、間隙水圧の変化は小さかったが、相対密度 $Dr=70\%$ 、 90% の場合の間隙水圧は、相対密度 $Dr=50\%$ に比べて小さい杭頭変位量で減少していった。さらに、図 2 から図 4 の(c)より、杭の荷重によるせん断力の影響を受ける位置にある間隙水圧計の間隙水圧と杭頭変位の関係は、相対密度 $Dr=50\%$ の場合、間隙水圧は杭頭変位量が大きくなるにつれて少し減少したが、最終的には初めの水圧の大きさに戻る結果となった。相対密度 $Dr=70\%$ 、 90% の場合の間隙水圧は、杭頭変位量が大きくなるにつれて減少していった。

ここで、杭頭変位量が大きくなっていく時の杭頭荷重と間隙水圧の関係を考える。 $Dr=50\%$ の模型地盤の場合、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。これは液状化した模型地盤が、杭を載荷することで周辺の地盤が変形し、まず正のダイレタンシーが生じ、水圧が減少していたためと考えられる。さらに、杭を載荷していくと、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ていたものと考えられる。このように、杭が液状化地盤をすり抜ける現象は、密度が高く F_L が小さい場合の地盤にも確認できたが、それ以外は生じなかった。

次に、杭頭載荷量 3cm における杭頭荷重と相対密度の関係を図 5 に示す。図 5 より相対密度が大きいほど、また、 F_L が大きいほど杭頭荷重は大きくなった。

4. まとめ

杭の水平載荷装置を用いて、杭と液状化地盤の相互作用に関する実験を行った。その結果、杭は F_L が小さく相対密度が小さいほど地盤をすり抜け易いことが分かった。杭頭荷重は、相対密度が大きいほど、また F_L が大きいほど大きくなることが分かった。

<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載荷実験 土木技術資料 29-11、pp.21、1987

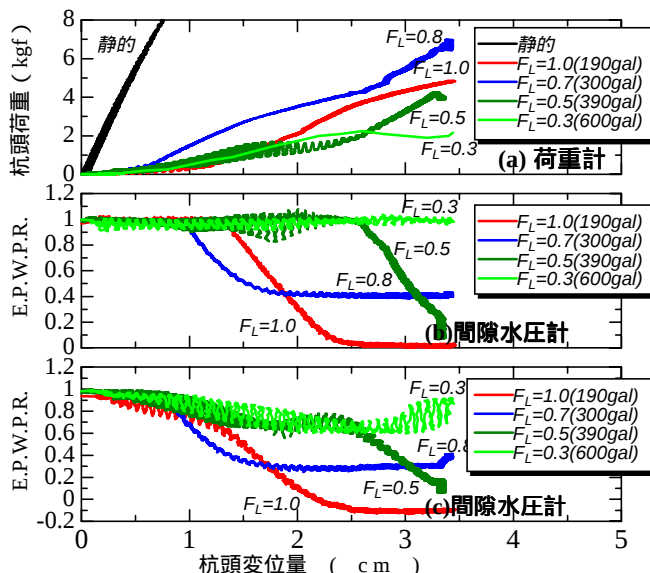


図 3 . $Dr=70\%$ の杭頭荷重、間隙水圧 - 杭頭変位の関係

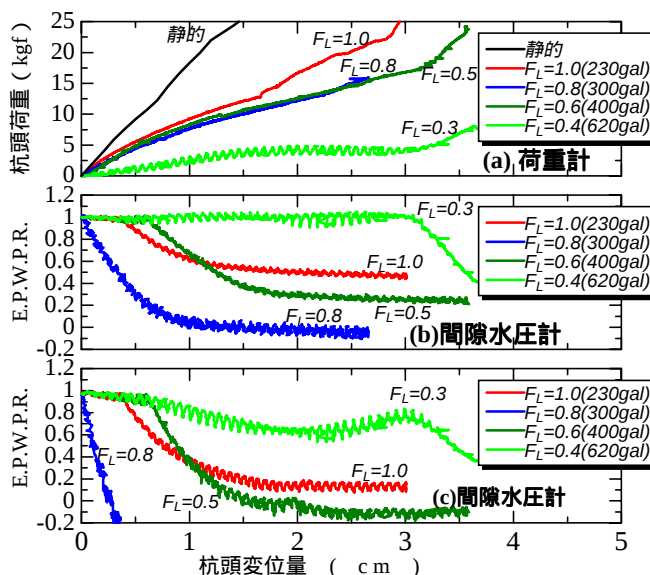


図 4 . $Dr=90\%$ の杭頭荷重、間隙水圧 - 杭頭変位の関係

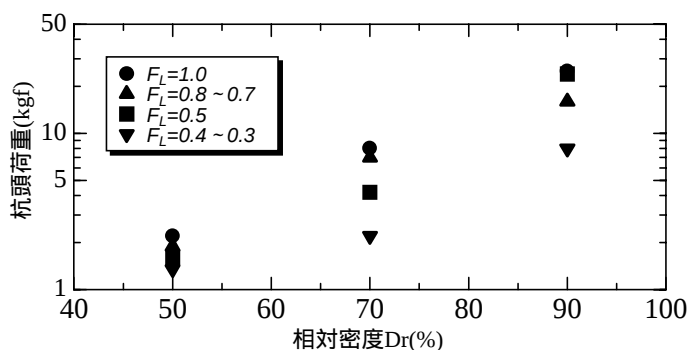


図 5 . 杭頭載荷量 3cm 時の杭頭最大荷重と相対密度の関係

