

液状化模型装置を用いた飽和砂地盤の締固め振動特性に関する研究

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○苅米 和樹
木更津工業高等専門学校 正 会 員 鬼塚 信弘

1. はじめに

一般的には、初期液状化に達すると有効応力の消失によって土粒子の骨格が破壊され、負のダイレイタンシーによる体積収縮が顕著となる。その後の地盤の密度は、過剰間隙水圧の消散および締固めによって密になることが妥当であるが、必ずしも即時に締固めが起こるとは限らない。締固めは間隙内の水、空気が排出されることで生じるため、液状化のような非排水状態の場合はすぐに剛性回復しないことが示唆される。しかし既往の研究より、液状化直後の透水係数は大きくなることが確認されている¹⁾。液状化の発生と同時に過剰間隙水圧の消散は、間隙の増大により優位になることから、初期液状化に到達した場合は（以下、完全液状化と称す）、即時に締固めへと転ずることが考えられる。また初期液状化に到達しなかった場合では過剰間隙水圧が消散せず、持続的に液状化を示すと予想される。本研究では以上の仮説のもと、間隙水圧の消散特性が地盤強度に及ぼす影響について検討する。具体的には液状化模型装置に振動を与えた後のコーン貫入抵抗 q_c および最大地盤沈下量から締固め振動特性について示す。

2. 実験方法

2. 1. 液状化模型装置内の地盤

液状化模型装置の概要図と使用機器を図1に示す。剛体の円筒水槽に直径 36cm、高さ 24cm の模型地盤を作製した。模型地盤で用いた砂は土粒子の密度 2.65g/cm^3 、平均粒径 0.18mm の豊浦砂を使用し、空中落下法による締固め方法で相対密度 55% を目標とした。飽和方法は模型地盤下部からサージタンクを経由して通水、地表面と自由水面を一致させた。

2. 2. 液状化模型装置の加振手順

加振条件を表 1 に示す。液状化後の地盤強度および最大地盤沈下量を測定するために、最大加速度および消散時間を変化させた。振動条件は最大振幅 69mm、継続時間は 30 秒とした。加振後、すぐに模

型地盤内を排水状態にさせて、過剰間隙水圧の消散を行った。

2. 3. 各使用機器による測定

消散時間経過後、変位計を用いて最大地盤沈下量の測定を行った。同様に地盤強度の測定はポータブルコーン貫入試験機を用いた。貫入速度 1.0cm/s 、模型地盤の上面から深さ方向に 5cm ずつ、連続的に貫入させ、20cm までの区間（計 4 ヶ所）を測定した。貫入位置は地表面より、円筒水槽の中心位置とした。

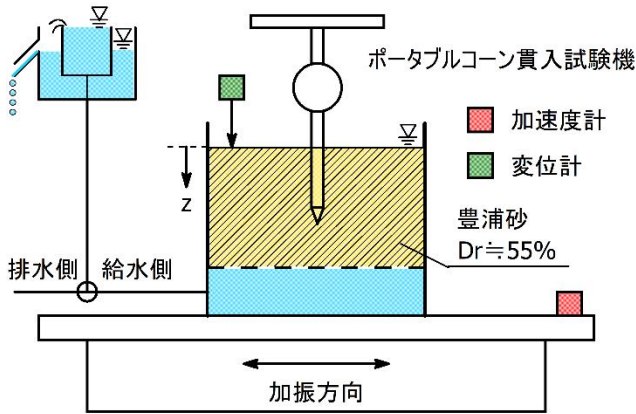


図 1 液状化模型装置概要図と使用機器

表 1 加振条件

最大加速度 (Gal)	振動数 (Hz)	消散時間 (分)
0 (加振なし)	—	—
100	0.86	15
		30
200	1.21	15
		30
300	1.48	15
		30
400	1.71	15
		30

キーワード 締固め振動，過剰間隙水圧，消散時間，最大加速度，初期液状化

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL：0438-30-4161 E-mail：onizuka@kisarazu.ac.jp

3. 実験結果

模型地盤の深さ方向に対するコーン貫入抵抗 q_c について、消散時間 15 分ケースを図 2、消散時間 30 分ケースを図 3 に示す。消散時間 15 分ケースは 300Gal までは深さ 20cm において急激的に支持力が低下する様子が見られたが、400Gal は全体的に締固まっているものの、深さ 20cm において地盤強度が低下する様子が見られた。消散時間 30 分ケースは深さ 20cm において加振前と同程度まで地盤強度が回復する結果となった。また 300Gal および 400Gal は全体的に地盤強度が上昇し、締固めを示す結果となった。有効応力の原理より、支持力低下は過剰間隙水圧が卓越していることから消散時間を延ばすことで有効応力の回復に直結することが示された。加振後の最大地盤沈下量について、消散時間 15 分ケースを図 4、消散時間 30 分ケースを図 5 に示す。両者 200Gal までは地盤沈下が生じず、200Gal から 300Gal までの加速度で初めて地盤沈下する結果となった。

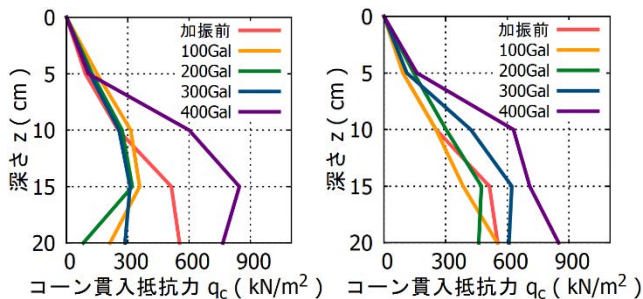


図 2 消散時間 15 分

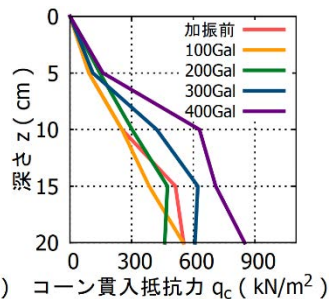


図 3 消散時間 30 分

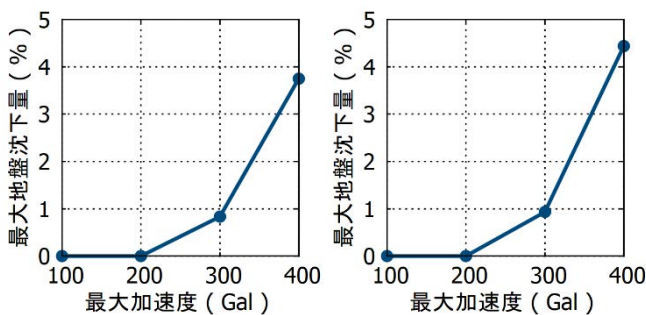


図 4 消散時間 15 分

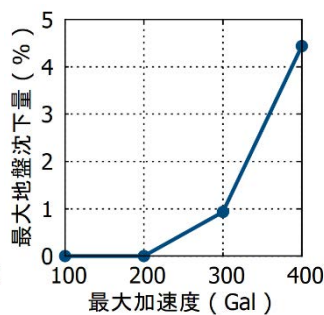


図 5 消散時間 30 分

4. 考察

コーン貫入試験より地盤強度の低下要因として過剰間隙水圧の卓越と示したが、最大地盤沈下量の結果から察するに 100Gal, 200Gal とともに地盤沈下が生じなかった。そのため完全液状化には到達しなかったものの、ある程度の過剰間隙水圧が生じていたと考えられる。消散時間 30 分に伸ばしたことで過剰間

隙水圧は消散し、加振前の地盤強度に戻る様子が伺える。このことから地盤全体の土粒子の骨格は変化していないと考えられる。300Gal 以上となると一部において完全液状化が生じ、土粒子の骨格は破壊され、負のダイレイタンスによる体積収縮が生じた。特に 400Gal 時の間隙水圧は初期液状化時の間隙水圧とほぼ等しいと推測される。そのため消散時間について、過剰間隙水圧は比較的高いことから相対的にかなりの時間を有することとなる。しかし、実験結果から消散時間 15 分ケースにおいて加振前の地盤強度よりも高い強度であることから、短期的な過剰間隙水圧の消散が行われたと示唆される。このことは石橋らの研究より、過剰間隙水圧比が 0.9~1.0 程度において間隙水圧が振動中に速やかに消散する振動加速度が存在する²⁾ことから、本実験結果と深く結びつくことが挙げられる。この要因について、液状化による透水係数の増大が影響したと考えられる。初期液状化に達し、地盤は流動化、地盤内部の過剰間隙水圧は効率的に消散することで締固まった。しかし、初期液状化に達しなかった場合では土粒子の骨格が破壊されず、加振前の間隙、透水性に従って消散する。そのため地盤は締固まらず、かえって消散に時間がかかることが本実験の結果より考えられる。

5. 結論

本研究より、液状化模型装置を用いて加振後の地盤強度および最大地盤沈下量から締固め振動特性を示した。地盤が完全液状化することで土粒子の骨格は再構築され、振動を加えたことによる過剰間隙水圧の上昇および地盤の流動化から、間隙が増大することで短期的に過剰間隙水圧は消散、地盤の締固めが行われる。しかし、液状化に至らなかった場合、消散特性は初期間隙の大きさに依存するため、過剰間隙水圧の消散時間は完全液状化時よりも時間を有するほか、締固めは生じないことが実験的に示された。

参考文献

- 1) 吉田 望, W.D.L.Finn: 液状化に伴う地盤の透水性の変化, 第 24 回地震工学研究発表会講演論文集, pp.549-552, 1997
- 2) 石橋 伸司, 高橋 英紀, 北詰 昌樹: 液状化遠心模型実験における飽和砂地盤の作製方法とその有効性に関する検討, 土木学会論文集, No.806/III-73, pp.143-153, 2005