

大型実験槽を用いた液状化再現実験

(株)技研製作所 正会員 ○尾川 七瀬, (株)技研製作所 正会員 石原 行博
(株)技研製作所 非会員 小野 勝彦, アジア防災センター 名誉会員 濱田 政則

1. はじめに

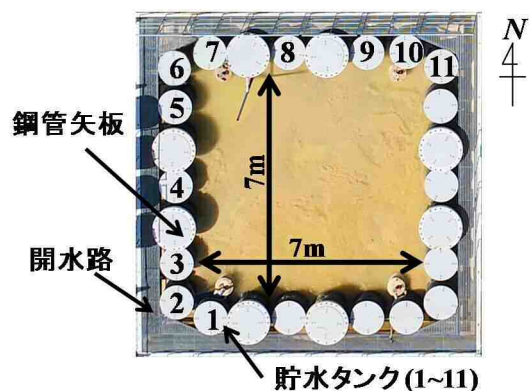
地盤の液状化現象の再現には、振動台実験や動的遠心実験が一般的に行われている。これらの実験装置では、振動台装置に設置可能な土槽の寸法から再現する対策工の寸法が制限され、 $1/10 \sim 1/50$ といった縮尺模型が使用されている^{1), 2)}。振動台実験では地盤物性のひずみ依存性を考慮して応力状態を模擬し、動的遠心実験においては模型の尺度に対応した遠心重力を作用させて応力状態を模擬している。いずれにおいても小型模型を用いるため、比較的容易に繰返し、実験を行える利点を有している。しかし、実際との相似性を確保するためには、小さくするほど構造物に発生する応力状態を模擬するための材料の選定や、その応力状態を知るための測定点の数に制約を受けるなどの欠点も有している。そのため、なるべく大型の模型を用いることで実験の相似性を高める必要があるが、模型作製に要する時間や費用の観点から、ある程度の妥協が必要である。

筆者らは、液状化地盤における杭/矢板を用いた効果的かつ施工性のよい対策工の開発及び開発した対策工の液状化後の挙動に至るまでを評価できる実験装置を開発した。開発にあたっては、①施工性の検討も可能なように、実物大に近い杭/矢板を用いた実験が出来ること、②液状化により地盤強度が低減した地盤における杭/構造物の挙動を確認するための鉛直・水平載荷試験^{3), 4)}が行えること、③上向きの浸透流を用いて地盤の液状化状態を模擬すること、これら3点を念頭においた。

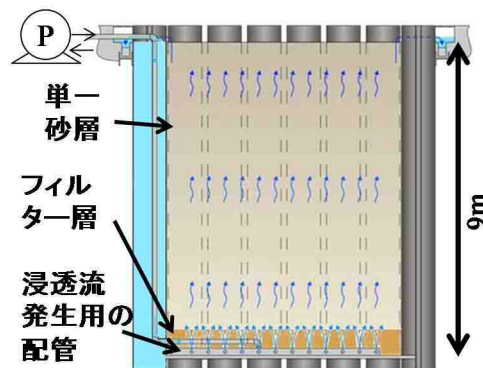
2. 装置の構成

装置は、鋼管矢板を用いた大型の液状化土槽および鋼管矢板内部を活用した貯水タンク、そして、土槽底盤から上向きの浸透流を発生させる管水路からなる。図1に土槽の平面図および断面図を示す。土槽は、 $\phi 1\text{m}$ の鋼管矢板26本を用いて内寸 $7\text{m} \times 7\text{m}$ の矩形ピットを構築し、内部を 10m 掘削し、底盤を構築したのちに、単一の砂で置き換えた。貯水タンクは、土留め壁とした鋼管矢板26本の内の11本(図1-b)1~11の番号を振った杭)を、隣接する鋼管矢板の鋼管部に $\phi 300\text{mm}$ のパイプを溶接して連結した。鋼管矢板の継手部は、杭頭から下 0.5m にあり、土槽内に溜まった水は、継手頂部から土槽の外周の開水路へ流れ込み、再び貯水タンクへ戻るようにNo.1とNo.11タンクに集水口を設けた。これにより、上向きの浸透流を連続して発生させることができ、液状化状態を一定時間維持することができる。底盤には、上向きの浸透流を発生させるための孔を開けた管を配置し、試験砂が沈殿することで孔がふさがることを少しでも防ぐために、厚さ 30cm のフィルター層を設けた。フィルター層は、土層面内で水頭差が均一になる効果もある。

試験砂は、特に液状化の可能性が高い粒度分布範囲⁵⁾の粒



a) 平面図



b) 断面図

図1 大型土槽の構造

キーワード 模型実験, 液状化, 浸透流

連絡先

〒135-0063 東京都江東区有明一丁目3番28号 TEL 03-3528-1633

度分布を持つ材料の中から、過剰間隙水圧の消散にある程度時間を要し、大量に準備できるものを選定した。試験砂の物性値を表1に、試験砂の粒度分布を●印で、フィルター層の礫材の粒度分布を■と▲で図2に示す。フィルター材の選定は、ロックフィルダム設計で用いられているゾーン型フィルターの考え方⁶⁾を参考にした。管水路を設置した後に平均粒径 25 mm の Gravel-1 の層を 20 cm、次に平均粒径 3.5 mm の Gravel-2 の層を 10 cm、最後に平均粒径 0.31 mm の NSK-40 の層を設けた。

表 1 試験砂の物性値

土粒子の比重	G_s		2.64
最大間隙比	$e_{\max}$		0.909
最小間隙比	$e_{\min}$		0.552
透水係数	k	cm/s	2.36×10^{-2}
湿潤単位体積重量	γ_t	kN/m ³	19.2
初期間隙比	e		0.719
相対密度	D_r	%	53

3. 液状化の再現

作製した地盤の相対密度は 53% 程度であった。この地盤を用いて、地盤土層の底面から礫層を経由して砂層へ上向きの浸透流を発生させ、送り込んだ流量 (Q) と砂層内の過剰間隙水圧比 (r_u) の関係を図3に示す。土層表面から下に 0.5m、2.5m、4.5m、6.5m の位置の間隙水圧計を設置した。0.5m では、過剰間隙水圧比が急激に変化し、開始早々に過剰間隙水圧比が 1 に達した。これは、浸透流の発生により地盤が膨張した際に、地表面近傍地盤の単位体積重量が大きく変化した影響だと考えられる。供給流量を増加するとともに過剰間隙水圧比も変化し、1.3m³/min. 付近で 6.5m 以浅の地盤が液状化状態になることが確認できた。さらに、図4に示すように、供給流量を一定に保つことで地盤内の過剰間隙水圧比を一定に維持できることを確認した。

今後は、過剰間隙水圧比だけでなく有効応力 (σ'_v) の変化と合わせた液状化状態の確認を行い、地盤状態の評価の精度を向上させ、液状化対策工の開発やその効果の評価に活用したい。

参考文献

- 1) Tani, K., *Suggestions for the use of E-defense to disaster prevention in geotechnical engineering*, 58th Geotechnical Symposium, pp.199–202, 2013.
- 2) 地盤工学における模型実験入門, 地盤工学会, pp.74–77, 1994.
- 3) 地盤工学会, 杭の鉛直載荷試方法・同解説(第一回改訂版), p.31, 2002.
- 4) 地盤工学会, 杭の水平載荷試験方法・同解説(第一回改訂版), p.14, 2010.
- 5) 日本港湾協会, 港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻), p.384, 2007.
- 6) 大根義男, 実務者のための土質工学, 技法堂出版, pp.252–257, 2006.

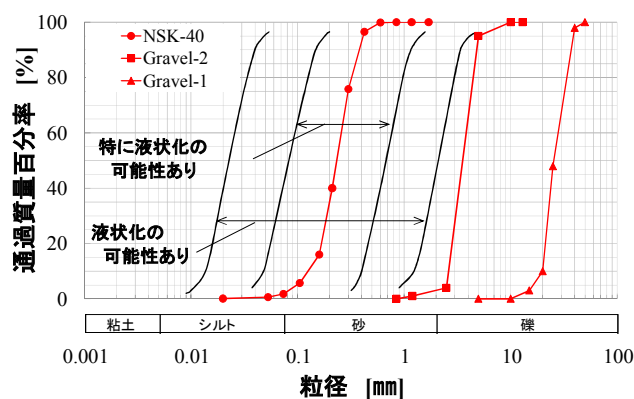


図2 地盤材料の粒度分布

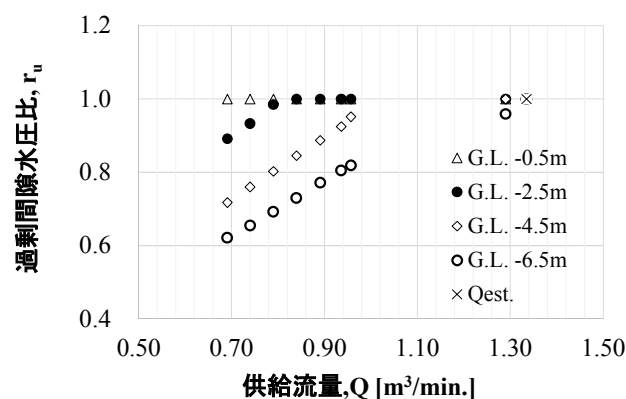


図3 供給流量と過剰間隙水圧比の関係

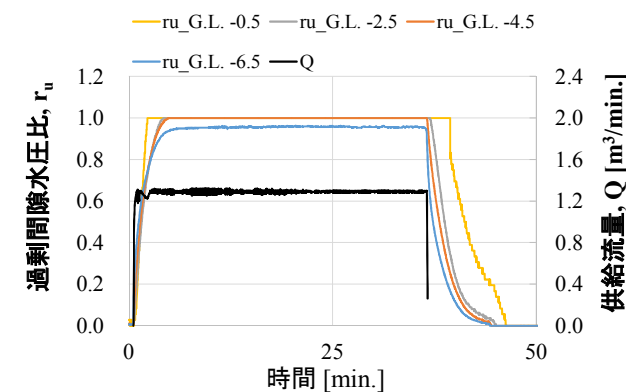


図4 供給流量と過剰間隙水圧の時間変化