

Ⅲ－63 振動台実験から求めた地盤状態と噴砂の関係

東北学院大学 学生 ○菊地耕平 高橋文吾 寺島愛
東北学院大学 正 山口晶 飛田善雄 吉田望

1. 研究の背景と目的

噴砂は地盤が液状化した際に地中の間隙水が砂を巻き込んで地表面に噴出する現象で、液状化を示す重要な証拠である。液状化層厚や液状化深さと噴砂の形状や分布との関係が分かれば地震調査の際に噴砂状況から液状化深さや地盤流動の方向が推定できる可能性がある。

本研究の目的は、噴砂の個数や面積から液状化深さや液状化層厚、地盤状況を推定することである。液状化する砂層の上層に透水性の低い層が存在すると仮定した地盤を土槽内に作成して振動台実験を行い、液状化層厚と噴砂状況に着目した。さらにその結果と2003年宮城県北部地震で発生した噴砂の測量結果を比較する。

2. 実験概要

本研究で使用する土槽は40.8cm×30.9cm×21.4cmの市販のプラスチック製の容器である。図1に振動台の配線図を示す。土槽の底部中央に水圧計P1、振動台の架台の上に土槽を載せるための板を敷き、その上に加速度計AC1を設置する。なお、計測は0.001秒に1回の割合で自動計測する。液状化層を完全に液状化させるために、加速度は水平方向に14m/s²、振動回数を60回、振動数を10Hzとした。液状化させる砂は一度洗浄し、106μmふるい残留分の豊浦砂を用いた。低透水性層に用いた砂は106μmふるい通過分の微粉珪砂を用いた。図2に粒径加積曲線を示す。表1に各試料の物理特性を示す。

表2に実験条件を示す。噴砂実験では、低透水性層を0.5cm、1cm、2cmと変化させ、液状化層を6cm、9cm、12cm、15cmで実験を行った。各実験より噴砂発生様子をデジタルビデオカメラで撮影した。撮影した映像から、噴砂の発生個数や面積、継続時間を求めた。

3. 実験結果と考察

まず豊浦砂の排水量計測実験を行ったところ体積ひずみで6%程度という結果となった。表3に実験結果を示す。

図3に層厚比-噴砂面積比を示す。層厚比は低透水性層厚/豊浦砂層厚で、噴砂の面積は発生した全噴砂の面積を足し合わせて全面積とした。一つの噴砂の面積は噴砂の長軸と短軸の長さの和を2で割り、その値が円の直径になるとして計算した。この図から、層厚比と噴砂面積には反比例の関係にあることがわかる。これは、低透水性の層厚が同じと考えた場合、噴砂面積は地表面に排出される水の影響を受けると考えられる。液状化層厚が増加し層厚比が減少すると、排水量が多くなり、それに伴って噴砂面積比が大きくなる。液状化層厚が同じ場合は、低透水性の層厚が大きくなると、一つの噴砂に必要な土の面積が増加すると考えられるため噴砂面積比も増加する。

図4に層厚比-単位面積あたりの噴砂個数を示す。単位面積あたりの噴砂個数は噴砂の発生個数を土槽の地表面積で割ったものを単位面積あたりの噴砂個数(個/cm²)とした。この図から層厚比と噴砂個数には反比例の関係にあることがわかる。低透

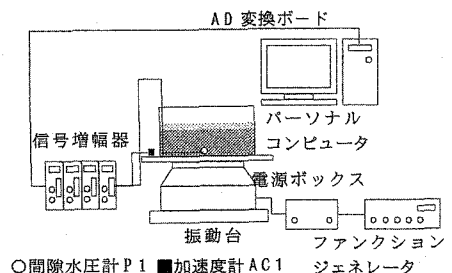


図1 振動台実験システム模式図

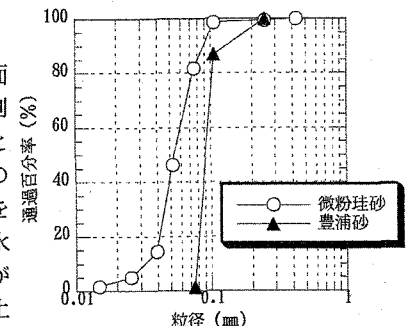


図2 粒径加積曲線

表1 各試料の物理特性

	豊浦砂	微粉珪砂
土粒子の密度(g/cm ³)	2.645	2.675
最大間隙比	0.984	1.618
最小間隙比	0.602	0.876
透水係数(cm/s)	2.26×10^{-4}	7.96×10^{-3}

表2 実験条件

実験名	T6-1	T6-2	T6-05	T9-1	T9-2	T9-05	T12-1	T12-2	T12-05	T15-1	T15-2	T15-05
No										No1	No2	
珪砂層厚(cm)	1.07	1.93	0.43	0.96	2.03	0.645	1.2	1.94	0.45	0.82	1.08	1.99
豊浦砂層厚(cm)	5.49	5.68	5.52	8.35	8.54	8.55	10.63	11.37	11.31	14.21	14.44	14.39

表3 実験結果

実験名	T6-1	T6-2	T6-05	T9-1	T9-2	T9-05	T12-1	T12-2	T12-05	T15-1		T15-2	T15-05
No										No1	No2		
噴砂個数(個)	18	11	54	30	12	86	35	11	71	53	55	15	78
噴砂個数(個/cm ²)	0.0143	0.0087	0.0238	0.0238	0.0095	0.0682	0.0278	0.0087	0.0563	0.042	0.0436	0.0119	0.0619
継続時間(秒)	21	37	13	27	23	19	23	21	37	18	11	32	13
全面積(cm ²)	41.801	19.821	183.49	92.041	28.062	89.637	62.162	31.694	154.45	167.254	116.965	46.315	188.55

水性の層厚が同じと考えた場合、液状化層厚が増えると地表面に排出される間隙水の量が増える。これにより噴砂の発生個数が増え、単位面積あたりの噴砂個数も増える。また、液状化層厚が同じ場合は低透水性層厚が減少すると、一つの噴砂に必要な土の面積が少なくなり、噴砂個数が増加する。

図5に透水係数-液状化層厚の関係を示す。透水係数は豊浦砂が完全に液状化したとして、噴砂が継続した時間と透水距離から求めた。定水位透水試験から求めた透水係数は 2.27×10^{-4} cm/sであり、液状化した砂の透水係数は静置状態の砂の10倍程度となる可能性がある。これは振動を与えることにより地盤が液状化し、砂粒子が落下することにより相対的に水の透水速度が速くなることと、砂粒子が沈下する課程で間隙が大きくなる部分が発生し、そのために透水係数が大きくなったと考えられる。

4. 2003年宮城県北部地震で発生した噴砂の液状化層厚の推定

本学研究室では、2003年宮城県北部地震で発生した鳴瀬町の休耕田の噴砂を詳細に測量調査している。なお、原口¹⁾らの調査によると、液状化した層厚としては5m程度である。測量結果より、噴砂の分布は測量調査地域20m×60mの面積の23%で、個数は39個となった。

ここで水田の低透水性層の層厚を一般的な値と考えて30cm程度であったと仮定し、液状化層厚の推定を試みる。層厚比-噴砂面積比関係から推定すると、噴砂面積比0.23より、液状化層厚は10m程度となる。また、単位面積あたりの噴砂個数で考えた場合、鳴瀬町の単位面積あたりの噴砂個数は0.0325となり、この値から層厚比を読み取ると0.08となった。このときの液状化層厚は3.75m程度となる。層厚比と単位面積当たりの噴砂個数から推定した層厚と実際の液状化層厚はほぼ一致する。噴砂面積比と層厚比関係、噴砂個数と層厚比関係を基に、液状化層厚をおよその高さで推定できることが分かった。

5. 結論

本実験では、噴砂実験から、求めた層厚比-噴砂個数関係、層厚比-噴砂面積比関係から、実際に発生した液状化層厚を推定したところ、それほど大きな違いは見られなかった。

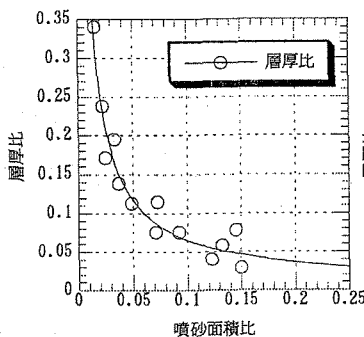


図3 層厚比-噴砂面積比

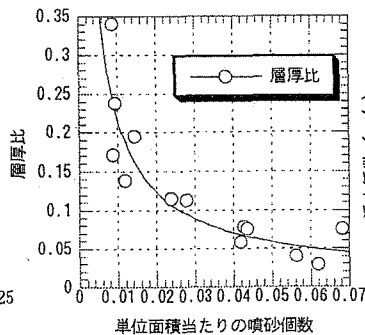
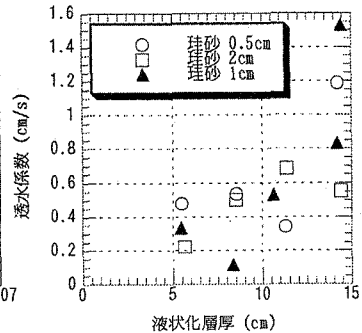
図4 層厚比-単位面積
当たりの噴砂個数

図5 透水係数-液状化層厚

参考文献

- 1) 原口強, 木村克巳, 宮地良典, 高倉伸一, 国松直, 稲崎富士, 青野道夫, 野口剛宏, 中田賢:
人工地盤と液状化—宮城県鳴瀬町の液状化事例を中心に—, 第39回地盤工学研究発表会,
(新潟) 2004年7月, 1039, B-29