

土粒子の沈降と上向き浸透流が再液状化に与える影響

東北学院大学 学生 ○岩淵雄也
 東北学院大学 学生 二上恭平
 東北学院大学 学生 只野悠紀恵
 東北学院大学 正 山口 晶

1. はじめに

一般的に、液状化した地盤は、排水および圧密によって密度が増加するため再液状化しにくいと考えられているが、多くの報告で同じ地盤で液状化した再液状化現象が報告されている¹⁾。しかし、再液状化が発生するメカニズムについては明確になっていないのが現状である。

本研究では、液状化層で発生する間隙水の排水と圧密沈下により、液状化層とそれより上部にある地層が水中落下すると考え、その減少が再液状化に与える影響を調べることを目的とした。この検討結果から、再液状化が発生するメカニズムを考察する。

2. 実験条件

本実験では、水を満たした土槽中に作製した地盤を所定の高さから落下させることにより、地盤中に上向き浸透流と土粒子の沈降を発生させる。これは、地盤が液状化し排出された間隙水によって発生する上向き浸透流と、液状化層が排水によって体積収縮し、上層部の土がその分落下する現象を模擬している。

実験で用いた土槽は厚さ 1cm のアクリル製で幅 35.0cm、奥行き 35.0cm、高さ 61.0cm である。この土槽に供試体を作製し水中落下実験を行う。供試体の作製方法は水中落下法とし使用する試料は豊浦砂とした。地層の層厚は 40cm とした。締め固めについては、2 種類の方法で行った。1 つは、1 層 50 回突き固める方法を 4 層分行う。2 つ目は、1 層 50 回突き固め後、ハンマーにより側面を 5 回全面（4 面）に渡って打撃する方法を 4 層分行う。

間隙水圧計は供試体の表面から 20cm と 40cm の二箇所に設置した。図-1 に落下直前の土槽の写真を、表-1 に実験ケースを示す。

水中落下前後の液状化のしやすさは、ハンドベーン試験器で計測したせん断抵抗の変化で考慮することとした。ハンドベーン試験器を図-2 に示す。ベーン幅 1.5cm、高さ 1.0cm で、ロッドは直径 0.6cm、長さ 20.0cm である。土槽の深さは全ての実験で約 40cm であるため、ロッド 2 本を繋いで使用した。トルクメータは 0.05N・m、0.20N・m を使用した。先にトルクメータ 0.05N・m で計測を始め、計測不能になりそうな場合は同位置でトルクメータ 0.20N・m に替え再度計測する。全ての実験で、ハンドベーン試験器によるトルクの計測は、模型地盤表面から 2cm おきに深さ 40cm までとした。計測は供試体の落下前に 1 地点、落下後に 5 地点計測した。

3. 実験結果

水中落下実験を行うと、特に落下距離の大きいケースで水膜が上昇していく様

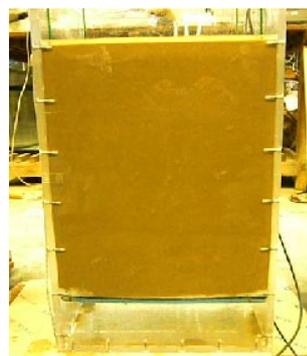


図-1



図-2

表-1

実験ケース		T-1	T-3	T-5	T-7	T-10	H-1	H-3	H-5	H-7	H-10
締め固め方法	突固め	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ハンマー	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
落下高さ(cm)		1	3	5	7	10	1	3	5	7	10
相対密度(%)		61.1	58.7	62.8	67.5	65.6	73.9	86.5	80.0	79.9	82.3

子が観察できた。ただし、落下距離が 1cm や 3cm では、水膜は目視できなかつた。図-3 に H-7 の水膜の写真を示す。



図-3 水膜の写真(H-7)

図-4, 図-5 に T-3 と T-7, 図-6, 図-7 に H-3 と H-7 のせん断抵抗比-深さ方向分布のグラフを示す。「落下前」, 「落下後」とは、供試体の水中落下を行う前と後という意味である。なお、せん断抵抗比とは、せん断抵抗をその深さの有効応力で除したものである。プロットした落下後のせん断抵抗比は 5 地点の計測値の平均とした。図から、全ての実験で水中落下後のせん断抵抗比は落下前に比べて減少したことが分かる。また、落下距離の増加に伴って、落下後のせん断抵抗比の減少する層が供試体の底部から上部へ広がっていくように見える。そこで、全ての実験でせん断抵抗比が落下前後で交差する深さを調べ、落下距離との関係を示したのが図-8 である。図-8 をみると、落下距離の増加に伴ってせん断抵抗比が減少する層厚が増加していることが分かる。また、密度の大きい方が、せん断抵抗比が減少する層厚は小さくなった。

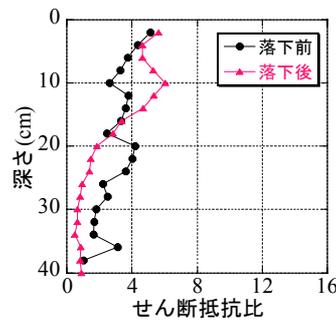


図-4 T-3 せん断抵抗比-深さ関係

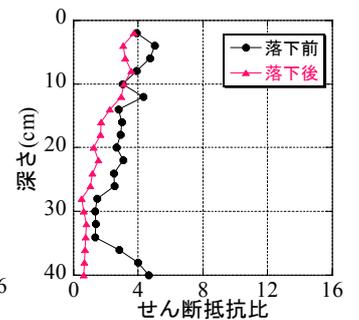


図-5 T-7 せん断抵抗比-深さ関係

4. 考察

水中落下実験から、全ての実験結果において、せん断抵抗比は地盤の底部から減少した。また、せん断抵抗比が減少する層厚は落下距離に比例した。せん断抵抗比の減少は、上向き浸透流が底部から発生し、浸透流が上昇しながら地盤の土粒子を攪乱させ沈降し、緩く再堆積が起こったためである。ただし、水膜は、水中落下後の砂が緩く体積するために徐々に薄くなり、条件によっては消滅する。落下距離が小さい実験でせん断抵抗比が減少する層厚が小さいのは水膜が途中で消滅するためである。

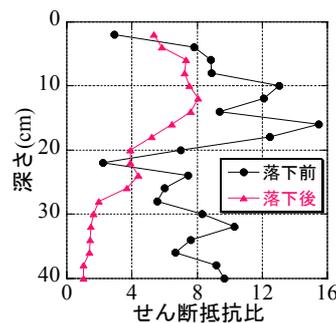


図-6 H-3 せん断抵抗比-深さ関係

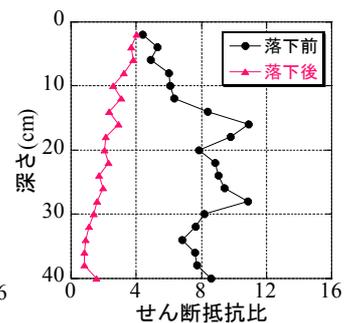


図-7 H-7 せん断抵抗比-深さ関係

5. まとめ

地震動の影響によって下部の地層が液状化した場合、その層では間隙水の排水によって体積が減少し、それより上の地層で地盤の水中落下現象が起こる。この現象により上部の土層は緩く堆積するため、再液状化しやすくなる。この水中落下現象によりせん断抵抗の減少も再液状化が発生するメカニズムの一つであるといえる。

6. 参考文献

- 1) 地盤工学会 2003 年三陸南地震および宮城県北部地震災害調査委員会, 2003 年 三陸南地震・宮城県北部地震災害調査報告書, 2003.

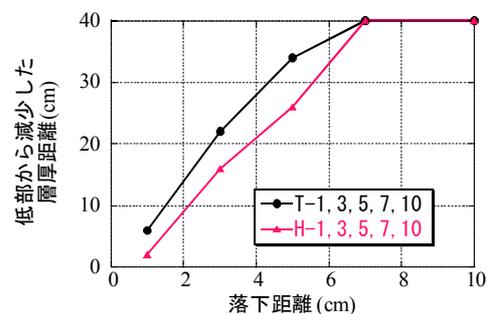


図-8 底部から減少した層厚-落下距離関係