

水中落下法により円筒土槽中に作成した飽和砂層での相対密度の鉛直分布

中央大学 正会員 國生剛治
中央大学 学生会員 神川貴史
中央大学 学生会員 ○香取真悟

1. はじめに

地震時の砂層の液状化による側方流動は、1964 年の新潟地震、1971 年のサンフェルナンド地震などのケーススタディによれば、地震時のみだけでなく振動終了後にも起きたという報告がされている。筆者らはこの流動の時間遅れの一因として水膜の生成が関わっているのではないかとこの観点から研究を行っている^{1) 2)}。

その一環として、透明な円筒土槽中に一次元モデル砂層を作成し水膜の生成に関する液状化実験を行ってきた²⁾。今までの実験では各層での平均の相対密度を考えてデータ整理を行ってきたが、同一の層の中でも深度によって密度の違いが生じ、液状化後の地盤の挙動に影響を与えている可能性が考えられる。そこで今回もう一度基本に戻って、これまで用いてきたのと同じアクリル円筒土槽に水中落下法で作成した複数の砂層の相対密度を測定し、その鉛直分布を検討した。

2. 実験方法

図-1 に示す高さ 211.5cm、内径 13cm の透明アクリル円筒土槽に上端から豊浦標準砂を水中落下させて、全層厚が 180 cm または 160 cm の模型地盤を作成した。各層ごとの相対密度を測るためのマーカーとして非塑性の石粉からなるシルトシームを細砂各層の間に 40g ずつ挟みこんだ。試料の粒径加積曲線は図-2 に示す。実験では、各目標層厚に対して相対密度が 40% となるように質量を測定して投入した。表-1 に今回行った実験条件と相対密度の測定結果を示す。Case1 は目標層厚 40cm 毎にシルトを挟み込んだ 4 層、Case2 は目標層厚 30cm 毎にシルトを挟み込んだ 6 層、Case3 は目標層厚 20cm 毎にシルトを挟み込んだ 9 層の 3 種類について同一条件でそれぞれ 3 回ずつの実験をした結果である。地盤を作成した直後と、密度を調整した後の各層の高さを測り、相対密度を測定する。また、密度の調整は、満遍なく円筒土層を叩いて衝撃を与えることで各層ごとに目標層厚になるように調整する。

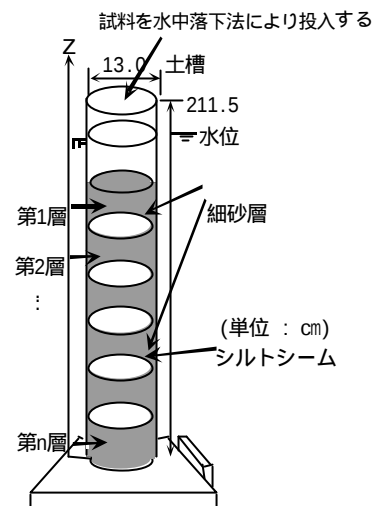


図-1 実験装置

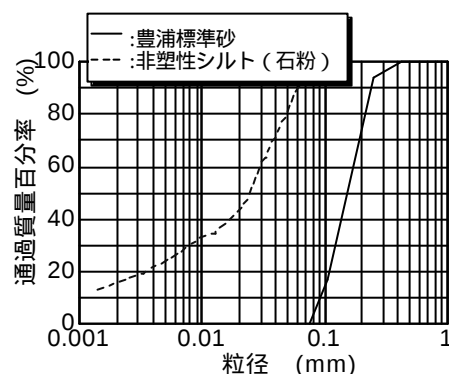


図-2 粒径加積曲線

表-1 実験条件と結果

		試料	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	第7層	第8層	第9層
			細砂								
case1 層数4 目標層厚 各40cm	堆積後	平均相対密度(%)	16.3	16.5	17.2	12.7	-	-	-	-	-
		変動係数(%)	4.7	4.8	5.7	19.0	-	-	-	-	-
	相対密度調整後	平均相対密度(%)	52.2	42.0	43.2	25.9	-	-	-	-	-
		変動係数(%)	5.7	6.6	0.9	11.1	-	-	-	-	-
case2 層数6 目標層厚 各30cm	堆積後	平均相対密度(%)	16.7	16.3	18.8	13.5	20.7	11.1	-	-	-
		変動係数(%)	14.2	13.3	16.4	25.8	23.8	21.4	-	-	-
	相対密度調整後	平均相対密度(%)	43.3	38.7	37.3	41.1	43.1	21.9	-	-	-
		変動係数(%)	7.3	8.6	3.9	6.0	5.7	5.3	-	-	-
case3 層数9 目標層厚 各20cm	堆積後	平均相対密度(%)	27.9	18.7	21.6	20.2	21.9	21.9	17.6	17.0	13.2
		変動係数(%)	10.7	37.1	6.2	54.3	13.8	13.8	13.4	30.5	33.4
	相対密度調整後	平均相対密度(%)	44.8	38.1	44.6	37.9	34.1	46.5	49.8	33.4	17.0
		変動係数(%)	18.3	8.6	30.5	16.1	24.7	4.0	32.5	47.9	22.1

キーワード 液状化, 相対密度, 模型地盤, 水中落下法

連絡先 中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel03-3817-1799

試料投入直後に細砂は水平面ではなく傾斜平面となるが、層厚を図る測定においては円筒土槽の周囲から見える砂とマーカーとしたシルトとの境界の8箇所の点を取りその平均値を使用した。

3. 実験結果と考察

図-3 に相対密度の鉛直分布を示す。縦軸の高さは各層の中心高さをプロットした。また、各3回の実験をそれぞれに1、2、3とし、堆積後、調整後の平均を示した。

まず、堆積後においては、Case1では若干緩くなった最下部層以外はほぼ近い値をとった。また、平均の相対密度は17%前後となり、変動係数は最下部層を除き5%前後におちついた。Case2では相対密度の最大値と最小値の差が20%近くの部分もあり、Case1に比べかなりバラついた。さらにCase3においては変動係数が50%、30%となる部分もあり信頼性は低いものとなっている。これは層厚が30cm、20cmと薄くなるに従い計測誤差による影響が大きくなるためであると考えられる。Case1では層厚が1mm変化すると相対密度では約1%の誤差が生じ、Case2では約2%、Case3では約3%の誤差となる。これらのデータより、水中落下法により作成した砂層の相対密度は最下部層を除いて深さによらずほぼ一定値となることが分かる。

次に目標相対密度40%に調整した後では全てのCaseについて最下部層の相対密度の値が小さく、それより上部では密に詰まるという結果が得られた。実際、最下部では水中落下法による堆積後の密度と大差ない低い値にとどまっていることが分かる。この理由としては円筒土槽に軽い震動を与えて、目標の高さに相対密度を調整するが、土槽の下端は固定端となっており上端は自由端となっているので上部では締まりやすく下部では締まりにくいと考えられる。さらに高さ100cm付近では円筒の結合部分があるためアクリル板が厚くなっており、振動が伝わりにくく多少ゆるく詰まる部分ができていることも考えられるがそれほど大きな差はない。また変動係数はCase1、Case2ともに10%以下となっておりバラつきが少ないが、Case3では変動係数が50%を超える点もあり信頼性は低い。これより、水中落下で作成した砂層に震動を加えて密度調整する場合、上部ではある程度均一な密度に締まるのに対し、最下部では締まりにくいゆるい詰めが残ることが明らかとなった。

4. まとめ

- ・ 円筒土槽に水中落下法により砂層を作成し相対密度を測定した結果、堆積後には最下部の密度の緩い部分を除き、ほとんど同程度の相対密度になることが分かった。
- ・ 水中落下法により円筒土槽に投入された試料は相対密度17%～20%程度に堆積している。
- ・ 相対密度の調整後にもほとんど締まらない最下部を除いてはある程度均一な目標密度に近い値となる。

5. 参考文献 1)Kokusho,T.: Water film in liquefied sand and its effect on lateral spread, ASCE Journal GGE, vol.125, No.10, pp817-826, Oct.1999 2)Kokusho,T.and Kojima,T.: Mechanism for post liquefaction water film generation in layered sand, ASCE Journal GGE, vol.128, No.2, pp129-137, February. 2002

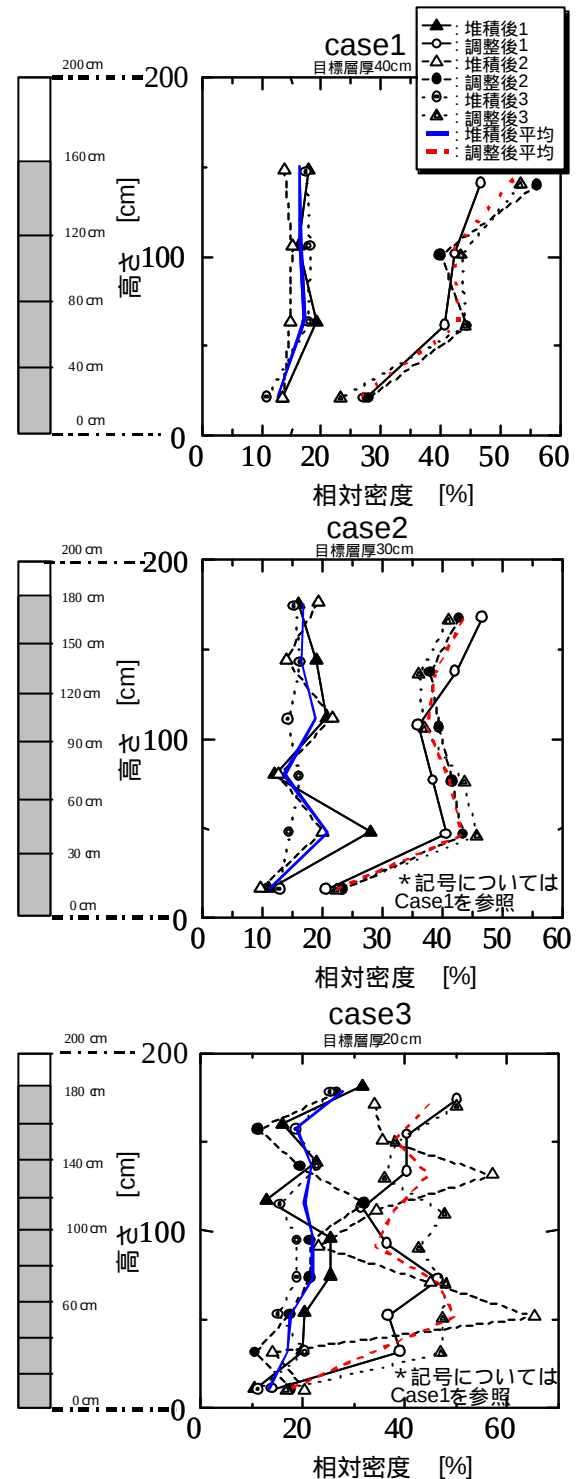


図-3 相対密度の鉛直分布