

土木工程创新实验 实验报告



超重力环境下的多相介质相间相对运动

指导教师：林伟岸

姓名：徐钢

学号：3160104090

学 院：浙江大学建筑工程学院

实验时间：2017-2018 年秋冬学期

前期理论研究：

人类在探索自然的过程中不断用科学知识武装自己，才逐渐拥有了在许许多多天灾面前存活下来的能力。但是，许许多多巨大的自然灾害人们只能凭借长时间积累的经验来回避，而不能很科学地解释和防治。归根结底是因为大型自然灾害发生时都有很大的空间跨度，导致研究起来有很大的不便。但是，随着科技的发展，人们发现超重力环境可以增大多相介质体积力和相间相对运动驱动力，是研究岩土体大尺度演变和灾变、地下环境长历时污染必不可少的实验手段，也是研究材料相分离效应的极端物理条件。所以超重力环境下的研究变得越来越热门。



离心机

本实验基于超重力离心机所制造的超重力环境，对岩土方向的一些问题进行研究。超重力离心机是利用高速旋转的离心作用来制造超重力场。虽然原理简单但是仪器制造起来却有很大难度，所有工件都要在超重力环境下长期工作，这对工件的质量要求很高。索性，经过不懈的努力，攻克了重重难关，人们终于制造出

了超重力离心机。（图为离心机）

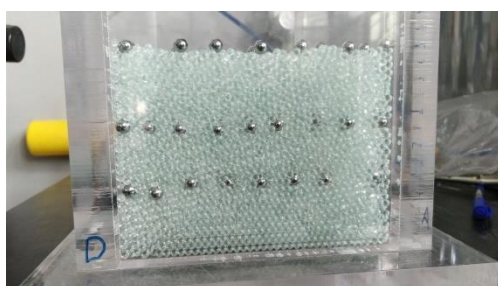
在老师的建议下，再经过小组成员的讨论，我们决定做两个实验，分别为铁球的沉降实验和气泡的上升实验，探究超重力环境下的缩尺作用和缩时作用。

实验准备过程和步骤：

1、 材料的选择

首先是第一个实验，模仿大石块在沙土中的沉降。在黄老师的帮助下，我们选择了材料小铁球和小塑料珠，分别用来模拟石块和沙土。而第二个气泡实验就只需要通一根气管，通过气阀控制气泡的涌出速度即可。两个实验分别在由有机玻璃做成的加固的玻璃箱和玻璃桶中进行，在确保实验安全的前提下尽量降低了观察现象的难度。

2、 材料的处理



沉降实验

沉降实验：在有机玻璃箱中均匀的铺下塑料珠在铺到一定高度时均匀的放入几颗铁球，沿玻璃壁放几颗确保实验室摄像机能够拍到。然后再均匀的铺塑料珠盖住小铁球，大概再铺了几厘米高度再以同样的方式铺

小铁球，一共铺三层，最上面那层不再盖塑料珠。



气泡实验

气泡实验：在有机玻璃桶下面开一个小孔，通过一根气管连通气泵从而制造气泡。实验时只需控制压强稳定从而观察现象即可。

3、 实验现象的记录

对于沉降实验。在正对有机玻璃箱某一面的地方固定一个数码相机，设置好每隔一段时间拍一次照片，根据前后照片的对比来观察实验现象。

对于气泡实验。安装一个摄像头全程录制气泡的变化情况。记录每次改变重力的时间节点，重点对比时间节点左右的现象的变化。

第一次实验：

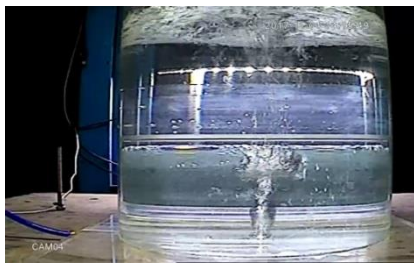
沉降实验：分别在 10g、20g、30g、40g、50g 的重力环境下进行模拟。但是实验结果差强人意，小铁球的位置基本没有什么变化。

原因分析：或许是以为小铁球太小，在超重重力环境下所受重

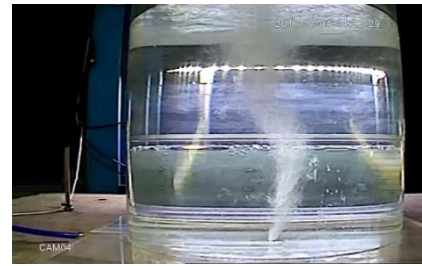
力的变化幅度没有大到塑料珠层承受不住从而引起沉降的程度。

解决方法：讲小铁球换成较大的铁球，重新实验。

气泡实验：相对于第一次沉降实验，气泡实验就显得成功得多。



常重力



升到 30g

左图为常重力下的气泡的现象，而右图为 30g 重力下的气泡现象，对比很鲜明。在超重力情况下，气泡的冒出速度和上升速度都得到了很大的提升。并且气泡变得更小更密集了。



降到常重力



降到 30g

而在重力下降的过程中，气泡基本和上升时相同。

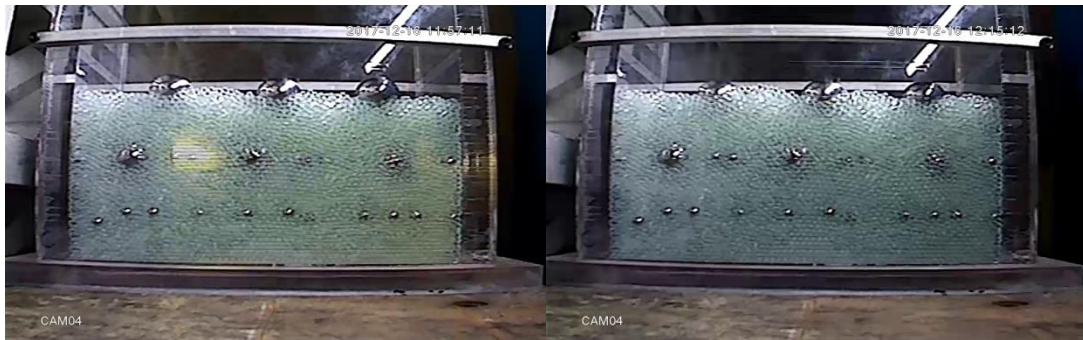
现象分析：由于超重力增大了多相介质相间相对运动的驱动力。所以在超重力环境下气泡的运动速度要比常重力下大很多。由于在超重力环境下气泡相对于常重力高速运动，从而导致气泡所受阻力变大，增大的阻力会不断压缩气泡体积直到达到新的平

衡，这也是为什么超重力环境下气泡体积更小的原因。

一些不足：气泡实验现象可以算比较成功，但是实验中还是存在一些不足之处。由于处于超重力环节中，水中的压强会发生变化，而且这种变化是不稳定的，所以虽然在实验中反复调节气阀，但是始终无法将气压稳定在某一特定的值，而是只能将其波动的范围控制地尽量小一些。而这种波动对实验现象存在一些干扰。

第二次实验：

沉降实验（改进）：由于第一次实验没有什么明显现象，所以将小铁球换成大铁球后再次实验。实验时在有机玻璃箱内同时放入小铁球和大铁球进行现象的比较。



常重力

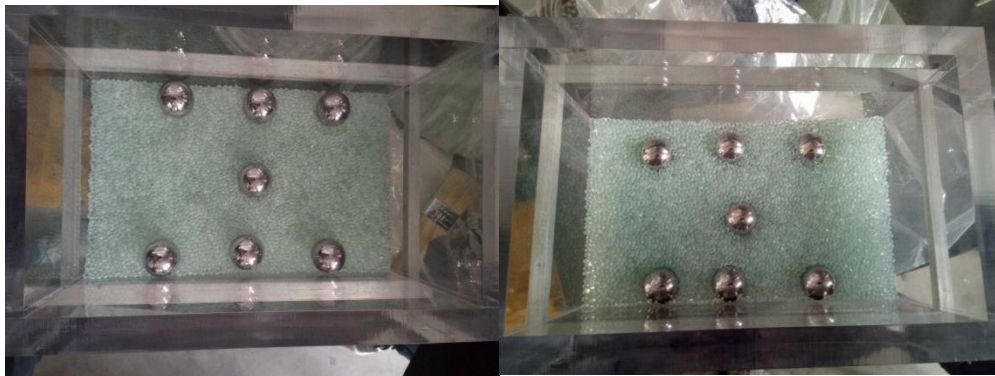
50g

如图左侧为实验开始时的照片，右侧为在 50g 环境下的状态。可以很明显地发现，上表面的大铁球发生了较大幅度的沉降，而中间层的却没有发生什么变化，小铁球同样没有变化。

本次实验与第一次实验不同，采用的是全程录像的记录方式。

在视频文件中可以明显发现，铁球的沉降都发生在每次重力改变的时刻，而在逐渐稳定的过程中是没有什么改变的。

下面两图分别为实验前后的俯视图，可以看出试验后大铁球陷入不少。



实验前

实验后

现象分析：大铁球有较明显实验现象而小铁球没有，这说明之前对实验失败的猜想是正确的：重力改变量要达到一定程度才可以引起重物的沉降。而在每次改变重力时发生沉降便是因为改变重力导致了物体运动状态的改变。这与牛顿力学定律相符合。至于中间夹层的重物没有什么改变，我的猜想是因为中间的大铁球收到的约束力大于表面的铁球，所以改变状态所需要的理应该更大。

一些不足：由于条件有限（有机玻璃箱无法承受大于 50g 的重力加速度）从而无法对中间夹层重物不沉降的猜想进行进一步的验证。

实验体会：

超重力这个词汇就透出一股神秘的气息。再加上林老师幽默风趣的介绍，没有太多犹豫，我便选择了超重力实验。结果确实没有令人失望。超重力实验不论是实验过程还是实验结果都令人兴奋，通过这个实验我也算是见识了超重力环境下会有哪些超自然的现象，可以说开拓了眼界。从刚开始林老师的专业的介绍，到同学们对方案可行性的激烈讨论，再到实验时激动而又焦急的等待以及实验失败后的反思与再次尝试，这一切的一切都是本次长学期的实验的美好回忆与不菲的收获。作为一个大二上的学生，我还没有确定将来会朝哪个方向进行发展，而这次实验打破了我对岩土的认识，大大提高了我对岩土研究的兴趣，我想我会朝着岩土方向而努力的。（图为同学们积极准备实验时所拍）

