

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

第三名

080507

天搖地動--地震強度與土壤液化

學校名稱：桃園市大溪區仁和國民小學

作者：	指導老師：
小六 向御禎	邱奕明
小六 柳欣妤	劉洪任
小六 黃歆雅	
小六 鄭宇婕	
小六 呂鎮銘	
小六 沈育令	

關鍵詞：土壤液化、地震強度、加速度

摘要

某次出遊，導遊的言論讓我們對土壤液化感到興趣，所以開始了這次的研究。在文獻探討時，我們發現地震強度和加速度有相當大的關係。之後，我們透過電腦運算發現使用人手搖晃產生的加速度和大約落在地震強度 4~5 級之間。然後在不同沙土比例產生的土壤液化實驗中，我們發現沙：水=9：4 時次土壤液化的分界點，當水含量再更高時會非常淹水和土壤液化。接下來，我們用相同比例不同體積的沙土和水測試土壤液化的情況，發現含水比例相同時，體積越大的沙土越容易產生土壤液化。最後我們觀察相同含水量相同體積在不同震度中土壤液化的表現，發現震度=6 時才會有明顯的土壤液化現象。

壹、研究動機

有一次出去玩，在車上的時候導遊哥哥要我們猜地震的時候，土質硬的還是土質軟的會比較嚴重？我們全部都猜軟的土質較嚴重，沒想到他的答案竟然是硬的比較嚴重。後來回來查了資料，我們發現土質軟硬在地震的時候都有缺點。我們也發現土質較軟，像學校沙坑那麼軟的，在含水量充足時，會出現土壤液化的現象。再加上網路上有許多土壤液化的影片教學，不禁讓我們對土壤液化感到興趣，所以我們開始了這次的研究。

貳、研究目的

- 一、探討地震強度對土壤液化的影響
- 二、了解土壤液化的因素
- 三、探討沙土和水的比例對土壤液化的影響
 - (一)討論沙土和水分的比例
 - (二)討論沙土覆蓋方式
- 四、了解地震環境對土壤液化的影響

參、研究工具

沙土、水、容器、量筒、量杯、碼表

肆、研究方法

一、文獻探討

(一)過去的實驗：我們發現過去在全國科學展覽中有許多組別研究過土壤液化，但每組的方向都不甚相同，我們特別把有代表性的研究內容列出，如下表：

參加屆數與作品名稱	主要內容
中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 國中組 地球科學科 土壤中的水精靈 — 探討捷運大安森林公園站的土壤液化防治	1. 設計沉積土層箱和捷運站沙土箱模擬土壤液化之現象 2. 探討土壤液化防治工程對捷運土層的關係
中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 國小組 地球科學科 「震震有池」— 地震與土壤液化關係之	1. 探討不同的地下水狀態對形成土壤液化災害之影響 2. 探討不同的建築物狀態對於形成

探討	土 壤液化災害之影響
中華民國第五十二屆中小學科學展覽會 高中組地球科學科 水土交融—土壤液化的實驗室模擬	1. 了解不同沉積物顆粒大小對土壤液化的影響 2. 了解土壤液化前後沉積物孔隙率及有效應力的改變。

(二)我們研究的特色：雖然已經有很多人研究過土壤液化，但我們發現還是有很多可以進行的實驗，我們打算回到最初，把最基本的土壤液化本質弄清楚，我們實驗的特色如下：

1.將震動強度和交通部中央氣象局地震震度分級表對應：我們發現大部分的實驗都會自製地震模擬器，但是他們也沒有在作品中說清楚地震模擬器所產生的震度是對應幾級。在我們查完資料，做完實驗後才發現：**震度 4、5 級的震動可以很輕鬆就用手搖出來，機器不一定比較好。**

2.找出沙土和水會產生土壤液化的比例：這也是很基本的關係，雖然從文獻資料中讓我們了解因為環境的關係會造成不同狀況的土壤液化，但我們想知道在單純的實驗環境中，水分比例要佔多少才會造成土壤液化。

3.我們改變容器的大小探討容器大小對土壤液化的影響，這樣我們就可以知道：一大片的土壤液化區和一小塊的土壤液化區有何不同，實驗結果告訴我們，確實一大片的土壤液化區很可怕。

二、地震強度對土壤液化的影響：為了能夠讓實驗和現實生活進行連結，我們設計了一份實驗，並計算出搖晃頻率和距離與震度的關係

(一)原來震度就是搖晃時產生的加速度：根據交通部中央氣象局地震震度分級表，我們發現搖晃時產生的加速度越大，震度越高，而加速度中的單位是以公分做計算(1gal= cm/s^2)

震度分級		地動加速度範圍
0	無感	0.8Gal 以下
1	微震	0.8~2.5Gal
2	輕震	2.5~8.0Gal
3	弱震	8~25Gal
4	中震	25~80Gal
5	強震	80~250Gal
6	烈震	250~400Gal
7	劇震	400Gal 以上

(二)我們設計了將要晃動的頻率和距離，如下表：

搖晃距離	10cm、20cm、30cm
搖晃時間	10 秒
搖晃次數	5 次、8 次、10 次

舉例來說，第一次會進行的就是每 10 秒搖晃 5 次，每次距離 10 分鐘(如下圖)

(三)其實我們還不是很懂加速度，還好這學期要上到速度，在經過老師指導和上網查詢後，我們找到了加速度的公式，如下圖

✿ 等加速度直線運動公式 ✿

設x表移動的距離， v_1 表初速度， v_2 表末速度，t表時間，a表加速度， \bar{v} 表平均速度。

1.

公 式	當初速度不為零	當初速度為零	平均速度： $\bar{v} = (v_1 + v_2) \div 2$ 距離： $x = (v_1 + v_2) \div 2 \times t$
	$v_2 = v_1 + at$	$v_2 = at$	
	$x = v_1 t + (1/2)at^2$	$x = (1/2)at^2$	
	$v_2^2 = v_1^2 + 2ax$	$v_2^2 = 2ax$	

(四)有了加速度公式之後，我們根據公式使用 excel(如下圖)幫助我們計算出搖晃產生的加速度

	A	B	C	D
1	距離*2	時間	時間*時間	距離*2/時間*時間
2	20	1	1	20
3	20	0.625	0.390625	51.2
4	20	0.5	0.25	80
5	40	1	1	40
6	40	0.625	0.390625	102.4
7	40	0.5	0.25	160
8	60	1	1	60
9	60	0.625	0.390625	153.6
10	60	0.5	0.25	240
11				

我們算出來的結果如下表：

距離	10 公分	20 公分	30 公分
每 10 秒來回 ()次			
5 次	加速度=20cm/s ²	加速度=40 cm/s ²	加速度=60 cm/s ²
8 次	加速度=51.2 cm/s ²	加速度=102.4 cm/s ²	加速度=153.6 cm/s ²
10 次	加速度=80 cm/s ²	加速度=160 cm/s ²	加速度=240 cm/s ²

再根據交通部中央氣象局地震震度分級表轉換成地震強度，結果如下

距離	10 公分	20 公分	30 公分
每 10 秒來回 ()次			
5 次	地震震度 4 級	地震震度 4 級	地震震度 4 級
8 次	地震震度 4 級	地震震度 5 級	地震震度 5 級
10 次	地震震度 5 級	地震震度 5 級	地震震度 5 級

很神奇是不是？看起來搖晃差很多的居然都在震度 4 級到 5 級的範圍
所以如果實驗時要將震度控制在 4 級或 5 級是很簡單的事情。

三、沙和水的比例對土壤液化的影響：搖晃範圍 10 公分

(一) 沙和水分的比例的研究：

1.全部共 1000ml

搖晃種類	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙和 水的比例			
沙：600ml 水：400ml	第 3 次出現土壤液化 第 5 次模型下沉	第 3 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉	第 2 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉
沙：650ml 水：350ml	第 15 次土壤液化 第 13 次模型下沉	第 7 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉	第 2 次出現土壤液化 第 6 次模型下沉
沙：700ml 水：300ml	沒有土壤液化 模型沒有下沉	第 31 次土壤液化 模型沒有下沉	第 15 次土壤液化 第 26 次模型下沉
沙：750ml 水：250ml	沒有出現土壤液化	沒有出現土壤液化	沒有出現土壤液化

沙：750ml 和水：250ml 在以上實驗沒有出現土壤液化現象，但如果我們將搖晃頻率改為每 10 秒 20 次，則在 6 次的實驗中平均搖晃到 25 次可以出現土壤液化的現象

2. 全部共 1600ml

搖晃種類 沙和 水的比例	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙 1000ml 水 600ml	第 6 次出現土壤液化 第 8 次模型下沉	第 5 次出現土壤液化 第 6 次模型下沉	第 3 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉
沙 1050ml 水 650ml	第 6 次土壤液化 第 9 次模型下沉	第 6 次土壤液化 第 8 次模型下沉	第 3 次土壤液化 第 4 次模型下沉
沙 1100ml 水 500ml	第 18 次土壤液化 第 23 次模型下沉	第 12 次土壤液化 第 15 次模型下沉	第 5 次土壤液化 第 7 次模型下沉
沙 1150ml 水 450ml	沒有出現土壤液化	第 21 次土壤液化 第 23 次模型下沉	第 11 次土壤液化 第 15 次模型下沉
沙 1200ml 水 400ml	沒有出現土壤液化	沒有出現土壤液化	沒有出現土壤液化

3. 沙和水的體積改變：

搖晃種類 沙和 水的比例	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙比水=2：1 沙 400ml,水 200ml	第 17 次土壤液化 第 21 次模型下沉	第 8 次出現土壤液化 第 13 次模型下沉	第 3 次出現土壤液化 第 8 次模型下沉
沙比水 3：1 沙 600ml,水 200ml	X 沒有土壤液化	X 沒有土壤液化	X 沒有土壤液化
沙比水=2.5：1=5:2 沙 500ml，水 200ml	X 沒有土壤液化	X 沒有土壤液化	第 48 次土壤液化 模型沒有下沉
沙比水 2.25：1=9:4 沙 900ml，水 400ml	第 25 次土壤液化 第 36 次模型下沉	第 12 次土壤液化 第 17 次模型下沉	第 5 次出現土壤液化 第 13 次模型下沉

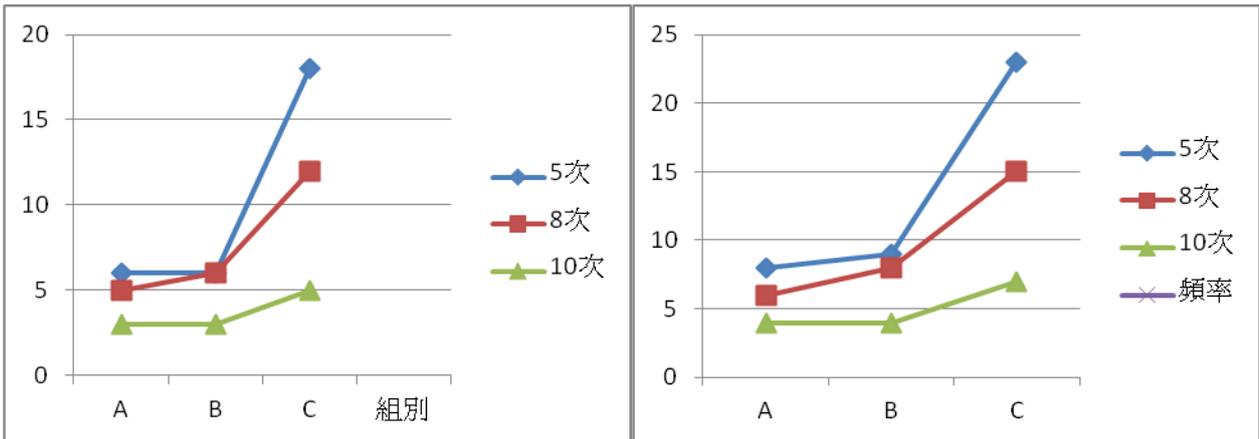
4. 探討

- (1) 土壤液化不久後，房屋會產生下沉或傾倒的現象
- (2) 當沙和水比例為 1：1 時會淹水，根本不用測量是否會土壤液化
- (3) 根據我們的實驗，當沙和水的比例是 9：4 時，可以說是土壤液化和不液化的分界線，如果超過這個比例可能要震度 6 級以上才會產生土壤液化。

(4)含水量越高越容易產生土壤液化，頻率越高也越容易產生土壤液化，如下圖

沙 1000ml 水 600ml	A 組
沙 1050ml 水 650ml	B 組
沙 1100ml 水 500ml	C 組

左圖為土壤液化產生次數，右圖為模型開始下沉次數



四、土壤液化在沙土比例相等，但體積不同時的表現

(一)沙和水比例=2：1

搖晃種類 沙和水 體積	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙:200ml 水:100ml	第 24 次土壤液化 第 29 次模型下沉	第 16 次土壤液化 第 22 次模型下沉	第 7 次出現土壤液化 第 11 次模型下沉
沙:400ml 水:200ml	第 23 次土壤液化 第 28 次模型下沉	第 16 次土壤液化 第 21 次模型下沉	第 7 次土壤液化 第 10 次模型下沉
沙:800ml 水:400ml	第 21 次土壤液化 第 25 次模型下沉	第 14 次土壤液化 第 20 次模型下沉	第 6 次土壤液化 第 9 次模型下沉
沙:1600ml 水:800ml	第 20 次土壤液化 第 26 次模型下沉	第 13 次土壤液化 第 19 次模型下沉	第 5 次土壤液化 第 9 次模型下沉

(二) 沙和水比例=9：4

搖晃種類 沙和水 體積	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙:900ml 水:400ml	第 25 次土壤液化 第 36 次模型下沉	第 12 次土壤液化 第 17 次模型下沉	第 5 次出現土壤液化 第 13 次模型下沉
沙:1350m 水:600ml	第 22 次土壤液化 第 27 次模型下沉	第 11 次土壤液化 第 21 次模型下沉	第 5 次土壤液化 第 10 次模型下沉
沙:1800m 水:800ml	第 20 次土壤液化 第 23 次模型下沉	第 6 次土壤液化 第 15 次模型下沉	第 4 次土壤液化 第 9 次模型下沉

(三)探討：

- 1.可以看到在上面的實驗中相同含水比率下，體積越大的沙土越容易產生土壤液化現象。以沙和水比例=9：4 為例，在每 10 秒 5 次的 4 級震度中，體積變為 2 倍，時間變為原來的 0.8 倍。
- 2.沙和水的比例越高，受到體積的改變影響就越小。

五、土壤液化在各震度中的表現

(一)震度與搖晃頻率換算表(以震幅 20 公分為例)

震度 分級	地動加速度範圍	一次的時間 (2 個 20 公分)	10 秒()次 2 級後小數點後 四捨五入
0	0.8 cm/s ² 以下	14 秒	0.7 次
1	0.8~2.5 cm/s ²	8 秒	0.7~1.25 次
2	2.5~8.0 cm/s ²	4.4 秒	1.25~2 次
3	8~25 cm/s ²	2.6 秒	2~4 次
4	25~80 cm/s ²	1.4 秒	4~7 次
5	80~250 cm/s ²	0.8 秒	7~13 次
6	250~400 cm/s ²	0.6 秒	13~17 次
7	400 cm/s ² 以上	0.6 秒以下	17 次以上

(二) 土壤液化在各震度中的實驗(以震幅 20 公分為例)

搖晃種類	每 10 秒來回 5 次 4 級震度	每 10 秒來回 10 次 5 級震度	每 10 秒來回 15 次 6 級震度	每 10 秒來回 20 次 7 級震度
沙和水 的比例				
沙比水=2 : 1 沙 400ml,水 200ml	第 17 次土壤液化 第 21 次模型下沉	第 3 次土壤液化 第 8 次模型下沉	第 2 次土壤液化 第 4 次模型下沉	第 1 次土壤液化 第 4 次模型下沉
沙比水 3 : 1 沙 600ml,水 200ml	X 沒有土壤液化	X 沒有土壤液化	第 31 次土壤液化 第 36 次模型下沉	第 8 次土壤液化 第 11 次模型下 沉
沙比水=2.5 : 1=5:2 沙 500ml,水 200ml	X 沒有土壤液化	第 48 次土壤液化 模型沒有下沉	第 25 次土壤液化 第 27 次模型下沉	第 5 次土壤液化 第 8 次模型下沉
沙比水 2.25 : 1=9:4 沙 900ml,水 400ml	第 25 次土壤液化 第 36 次模型下沉	第 5 次土壤液化 第 13 次模型下沉	第 3 次土壤液化 第 7 次模型下沉	第 2 次土壤液化 第 6 次模型下沉

(三)研究發現

1. 7 級震度威力很強大，只要有土壤液化的可能 10 秒內就會出現。
2. 6 級震度在 20~40 秒時會使土壤液化區上的屋舍傾倒或下沉
3. 5 級震度對土壤液化沒什麼威脅性，除非該區域含水量很高。

六、地震環境對土壤液化的影響

(一)勺子：面積 254.34 平方公分

搖晃種類	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙和水 體積			
沙:800ml 水:400ml	第 28 次土壤液化 第 34 次模型下沉	第 23 次土壤液化 第 29 次模型下沉	第 15 次土壤液化 第 18 次模型下沉
沙:900ml 水:400ml	第 31 次土壤液化 第 37 次模型下沉	第 25 次土壤液化 第 31 次模型下沉	第 11 次土壤液化 第 17 次模型下沉
沙 1000ml 水 600ml	第 25 次土壤液化 第 27 次模型下沉	第 20 次土壤液化 第 29 次模型下沉	第 14 次土壤液化 第 20 次模型下沉

* 沙土與水比例 900:400 時

搖晃種類	沙土 : 900ml(1:1) (土 450ml 沙 450ml) 水 : 400ml	沙土 : 900 ml(3 : 2) (土 540 ml 沙 360 ml) 水 : 400 ml
沙土和 水的比例		
每 10 秒來回 10 次	第 4 次出現土壤液化 第 12 次模型傾倒	第 3 次出現土壤液化 第 5 次模型下沉 cm

(二)小方桶：面積 246 平方公分

搖晃種類	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙和水 體積			
沙:800ml 水:400ml	第 30 次土壤液化 第 35 次模型下沉	第 24 次土壤液化 第 28 次模型下沉	第 16 次土壤液化 第 21 次模型下沉
沙:900ml 水:400ml	第 33 次土壤液化 第 36 次模型下沉	第 25 次土壤液化 第 33 次模型下沉	第 14 次土壤液化 第 20 次模型下沉
沙 1000ml 水 600ml	第 26 次土壤液化 第 30 次模型下沉	第 24 次土壤液化 第 27 次模型下沉	第 13 次土壤液化 第 19 次模型下沉

*沙土與水比例 800:400 時

搖晃種類	沙土：800ml(1:1) (土 400ml 沙 400ml) 水：400ml	沙土：800 ml(3 : 2) (土 600 ml 沙 200 ml) 水：400 ml	沙土：800 ml(3 : 2) (土 200 ml 沙 600 ml) 水：400 ml
沙土和 水的比例			
每 10 秒來回 10 次	第 3 次出現土壤液化 第 8 次模型傾倒	第 2 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉	第 2 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉

*沙土與水比例 900:400 時

搖晃種類	沙土：900ml(1:1) (土 450ml 沙 450ml) 水：400ml	沙土：900 ml(3 : 2) (土 540 ml 沙 360 ml) 水：400 ml	沙土：900 ml(2 : 3) (土 360 ml 沙 540 ml) 水：400 ml
沙土和 水的比例			
每 10 秒來回 10 次	第 4 次出現土壤液化 第 6 次模型傾倒	第 3 次出現土壤液化 第 5 次模型傾倒	第 2 次出現土壤液化 第 4 次模型傾倒

(三)大圓桶：面積 153 平方公分

搖晃種類	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙和水 體積			
沙:800ml 水:400ml	第 32 次土壤液化 第 41 次模型下沉	第 27 次土壤液化 第 33 次模型下沉	第 18 次土壤液化 第 25 次模型下沉
沙:900ml 水:400ml	第 41 次土壤液化 第 50 次模型下沉	第 35 次土壤液化 第 39 次模型下沉	第 27 次土壤液化 第 32 次模型下沉
沙 1000ml 水 600ml	第 28 次土壤液化 第 32 次模型下沉	第 25 次土壤液化 第 27 次模型下沉	第 16 次土壤液化 第 18 次模型下沉

(四)小圓桶：面積 94 平方公分

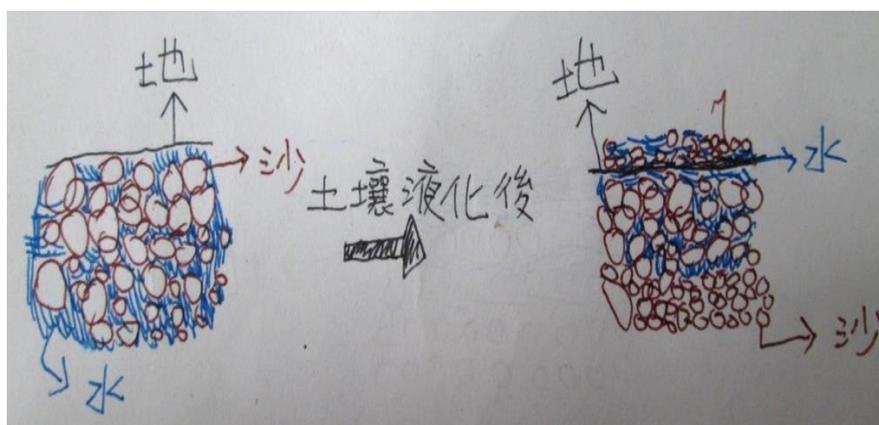
搖晃種類	每 10 秒來回 5 次	每 10 秒來回 8 次	每 10 秒來回 10 次
沙和水 體積			
沙:800ml 水:400ml	第 63 次土壤液化 第 67 次模型下沉	第 58 次土壤液化 第 66 次模型下沉	第 39 次土壤液化 第 45 次模型下沉
沙:900ml 水:400ml	第 77 次土壤液化 第 79 次模型下沉	第 64 次土壤液化 第 68 次模型下沉	第 55 次土壤液化 第 57 次模型下沉
沙 1000ml 水 600ml	第 61 次土壤液化 第 64 次模型下沉	第 54 次土壤液化 第 58 次模型下沉	第 32 次土壤液化 第 36 次模型下沉

(五)研究發現

- 1.圓形面積比方形面積更容易產生土壤液化現象
- 2.面積大比面積小更容易產生土壤液化現象
- 3.面積和形狀相似時，相同含水量的土壤越多越容易產生土壤液化現象

伍、研究結果

一、根據我們研究的結果，可以知道土壤液化是因為地震時將水分從沙土中擠出來(如下圖)，但因為還有些空隙，所以我們可以看到搖晃完後，水分會比搖晃時還少，因為水分又沉下去一些。



二、沙和水的比例越低越容易產生土壤液化，沙和水的體積比例在 9：4 的時候可以說是一個分界點。沙和水的體積比例在 9：4 還小時會明顯產生土壤液化，沙和水的體積比例在 9：4 還大時較不容易產生土壤液化。但沙和水的體積比例在 3：1 也會產生土壤液化，只是需要很高的搖晃頻率或很強的震度。

三、含水量面積越大的沙越容易土壤液化，與此同時，如果是圓形的區域會比方形的區域更容易土壤液化。

四、根據我們的實驗，在涵水區加壓並抽走土壤液化的水分是對防治土壤液化有很大的幫助，舉個例來說，遇到相同強度的地震，原本只要 20 秒會造成土壤液化，但如果防治有效可以撐到 4 倍時間以上，那時地震都已經過去了。

陸、討論

一、先前的實驗的環境我們模擬只有沙的情況，但是我們不會將房子蓋在只有沙的環境，所以我們補做了幾個將沙子替換成沙土的實驗，如下表所示。

(一)沙土與水比例 600:400 時

搖晃種類	沙土：600ml (土 400ml 沙 200)	沙土：600ml (土 300ml 沙 300)	沙土：600ml (土 200ml 沙 400)
沙土和水的比例	水：400ml	水：400ml	水：400ml
每 10 秒來回 10 次	第 4 次出現土壤液化 第 6 次模型頃倒	第 6 次出現土壤液化 第 6 次模型頃倒	第 10 次出現土壤液化 第 6 次模型下沉

(二)沙土與水比例 800:400 時

搖晃種類	沙土：800ml (土 200ml 沙 600ml)	沙土：800ml (土 400ml 沙 400ml)
沙土和水的比例	水：400ml	水：400ml
每 10 秒來回 10 次	第 4 次出現土壤液化 第 4 次模型頃倒	第 3 次出現土壤液化 第 11 次模型頃倒

(三)沙土與水比例 1600:800 時

搖晃種類	沙土：1600ml (土 1000ml 沙 600ml)	沙土：1600ml (土 800ml 沙 800ml)	沙土：1600ml (土 600ml 沙 1000ml)
沙土和水的比例	水：800ml	水：800ml	水：800ml
每 10 秒來回 10 次	第 4 次出現土壤液化 第 5 次模型頃倒	第 4 次出現土壤液化 第 4 次模型下沉 4cm	第 3 次出現土壤液化 第 6 次模型頃倒

(四)沙土與水比例 1800:800 時

搖晃種類	沙土：1800ml(1:1) (土 900ml 沙 900ml)	沙土：1800ml(5:4) (土 1000ml 沙 800ml)
沙土和水的比例	水：800ml	水：800ml
每 10 秒來回 10 次	第 2 次出現土壤液化 第 3 次模型頃倒	第 5 次出現土壤液化 第 3 次模型下沉 4cm

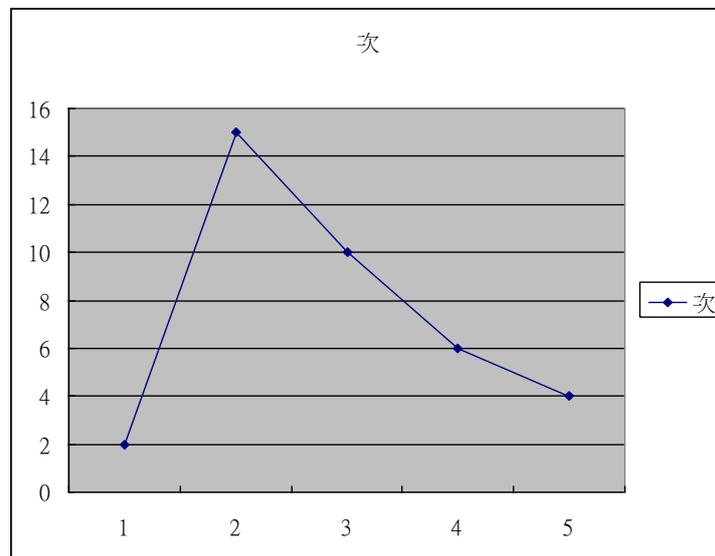
(五)沙土與水比例 9:4 時

搖晃種類	沙土：900ml (土 300ml 沙 600ml) 水：400ml	沙土：900ml (土 450ml 沙 450ml) 水：400ml
沙土和水的比例		
每 10 秒來回 10 次	第 7 次出現土壤液化 第 9 次模型下沉(2cm)	第 4 次出現土壤液化 第 4 次模型頃倒

(六)研究發現:

從以上的幾個實驗我們有幾個發現:

- 1.土壤越多越容易產生土壤液化，我們推測可能是因為土壤比較容易把水份擠出。
- 2.只有沙容易土壤液化，只有土壤也容易土壤液化，所以我們推測有一個最不容易產生土壤液化的最佳沙土比例,如下圖。



- 3.根據我們的實驗只要是含水量相同，地基體積越大越容易產生土壤液化的危機。
- 4.蓋房子時若土壤的含水量比例超過 9:4 時容易造成土壤液化，根據上面的實驗,發現增加含砂量可以減少土壤液化的危機,所以可以將沙打入地基當中避免土壤液化。

二、為了找出土壤中沙土最不容易土壤液化的完美比例，我們繼續做了下列的系列實驗：

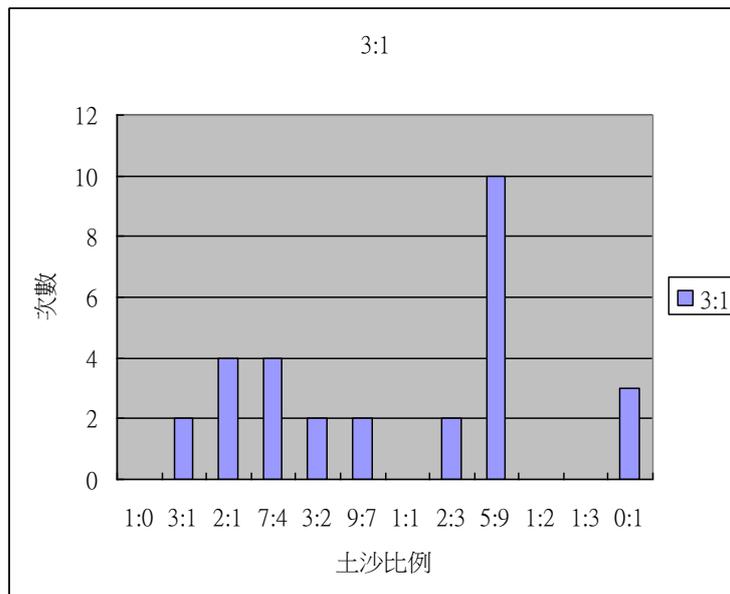
土沙:水 土:沙	9:2	4:1	7:2	3:1	5:2	2:1	3:2
1:0	x	x	x	2	0	0	0
3:1	x	x	x	2	0	0	0
2:1	x	x	x	4	0	0	0
7:4	x	x	x	4	0	0	0
3:2	x	x	x	2	0	0	0
9:7	x	x	7	2	0	0	0
1:1	x	9	2	0	0	0	0
2:3	x	x	x	2	0	0	0
5:9	x	x	x	10	0	0	0
1:2	x	0	0	0	0	0	0
1:3	x	7	0	0	0	0	0
0:1	x	x	x	3	0	0	0

(一)註解：

1. 搖動頻率為每 10 秒來回 10 次
2. x 表示未產生土壤液化現象
3. 數值表示出現土壤液化現象之次數

(二)研究發現：

1. 我們發現當土沙與水的比例在 3:1 時最能看出是否會產生土壤液化的現象。
2. 在土沙與水的比例為 3:1 時，土沙比例無論是土多或是沙多產生土壤液化的次數差不多，但是當比例為土沙比例為 5:9 時，搖動第十次才出現土壤液化的現象。所以我們大膽假設，土沙比例 5:9 即為最不易產生土壤液化的完美比例。



柒、結論

從我們的實驗可以看到影響土壤液化表現的因素非常多，但只要含水量越少，土壤液化的機會就越小。但買房子的人沒辦法往下挖洞去測試土壤的含水量，所以我們接下來的研究，就是找出測量土壤液化危險區的方法。此外我們已經知道除非真的含水量很高，不然要 6 級地震以上才會造成土壤液化現象，所以最近網路新聞常在提到的土壤液化危險也沒有這麼可怕，只要有做好平時的防治即可。還有我們可以知道環境因素：土壤多少、地基形狀、沙土覆蓋方式都是造成土壤液化的重要關鍵，相信只要避開那些危險值，就可以減少土壤液化的悲劇了。

捌、參考資料

一、地牛翻身——台灣的地震 作者：劉玉龍

二、大地震：地震真相與防災 作者：阿部勝征 譯者：李毓昭，張佳微

三、土壤液化- 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw>

【評語】 080507

1. 作品符合學生程度，研究目的明確。
2. 作品說明書有系統性，結論與目的相互呼應。
3. 研究發想與生活議題相關。
4. 文獻探討詳實，若學生報告能更生動些，將更能突顯作品之特色。