

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：「非牛」不翻身

一、摘要

本實驗主要探討在沙土中注入非牛頓流體是否可以延長土壤液化發生所需時間，期許能運用本實驗研究出來的結果，為土壤液化發生時建築物內居民爭取逃跑時間。

實驗結果如下：

- 一、我們透過不斷的調整，發現土壤液化時沙土和水的比例為 2150：600，此訂為 1 倍沙土
- 二、將 1 倍沙土等比例放大成 2 倍及縮小成 0.5 倍後，分別測量液化所需時間
- 三、將 1 倍沙土等比例放大成 2 倍及縮小成 0.5 倍後，分別注入非牛頓流體，再測量液化所需時間

最後經過每個實驗重複三次取平均值後可以知道，在沙土中注入非牛頓流體確實可以延長土壤液化發生所需的時間。

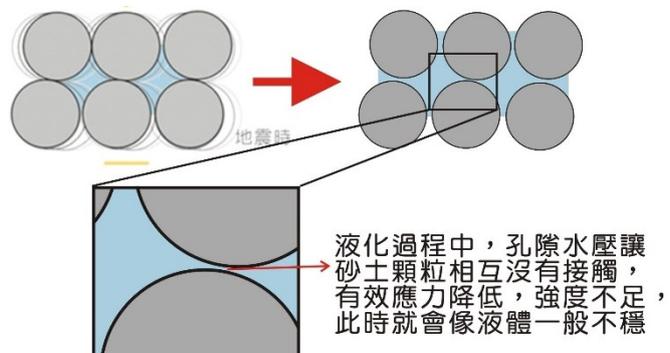
二、探究題目與動機

新聞播報，台北市中山區大直街的一個新建案「基泰大直」發生下陷，民眾也紛紛好奇哪些地區的地質較好、較適合居住？我們發現大多數人是用「有無活動斷層」以及「土壤液化潛勢」來判斷，便好奇土壤液化的成因，以及該如何防治。而非牛頓流體具有當受到外力時，反而會更加堅硬牢固的特性，因此我們突發奇想，在土壤液化潛勢高的地區注入非牛頓流體後，對於土壤液化會有何種影響？是否可以延長土壤液化發生的時間？若能延長，在地震來襲時，便可以為建築物內的民眾多爭取一些能逃出建築物的時間，於是便著手進行本次實驗的設計。

三、探究目的與假設

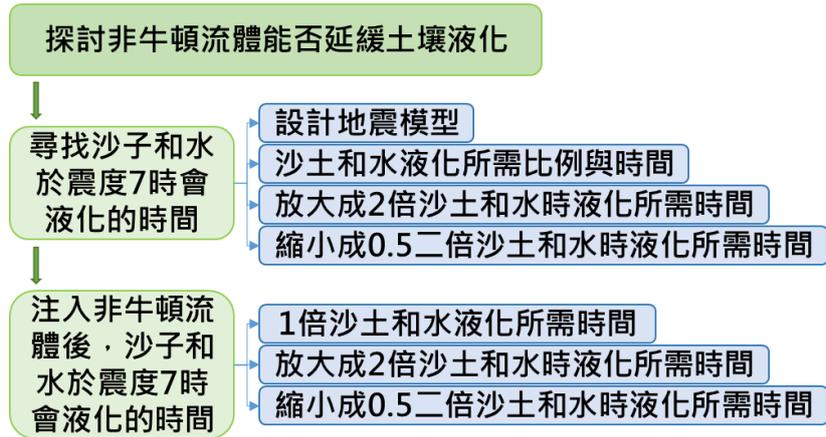
土壤液化是指在地震影響下，原本固體的土壤變成液體或黏稠流體的現象，是因為本來土壤顆粒間空隙較大，能含有較多水分，受到震動後土壤顆粒排列得更緊密，使得空隙變小，而多的水分被擠出會使得水壓升高，此時土壤便失去原有的支撐力，從而使得上方建築物下陷或傾斜。

我們猜測若能減緩沙土混合後的流動情形，應該能減緩土壤液化，因此我們在沙土中注入非牛頓流體，利用非牛頓流體受到外力反而更不易流動的特性，來減緩液化土壤的流動。



圖片來源：<https://pansci.asia/archives/93837>

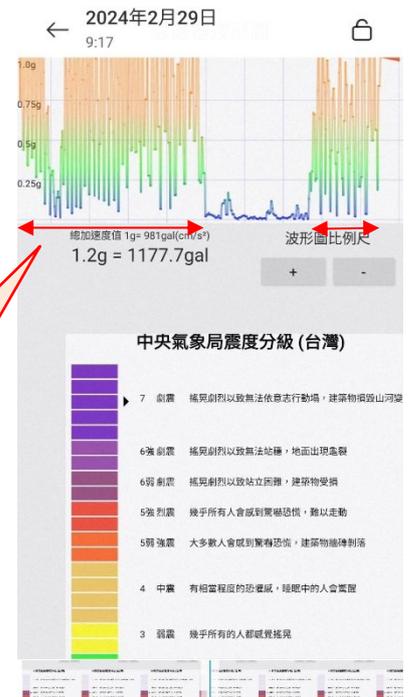
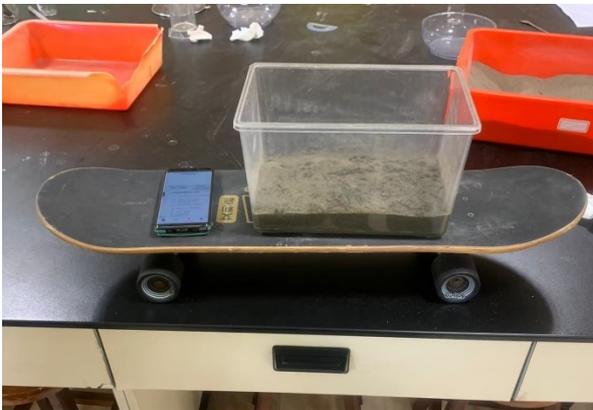
實驗流程架構圖：



四、探究方法與驗證步驟

【實驗一】設置地震模型

我們使用透明水槽裝沙土以便觀察，之後將水槽放在滑板上，前後搖晃滑板來模擬地震，為了控制每次實驗皆在相似地震下進行，我們使用手機軟體測量震度，確保每次搖晃在相同震度下進行(我們控制在震度 7 級，因為此劇烈震度下若仍能有效，代表此方法更有機會能運用在生活中)，並且讓同樣的人使用差不多的力道及搖晃幅度去搖晃整個滑板，透過手機螢幕錄影來計時搖晃時間。



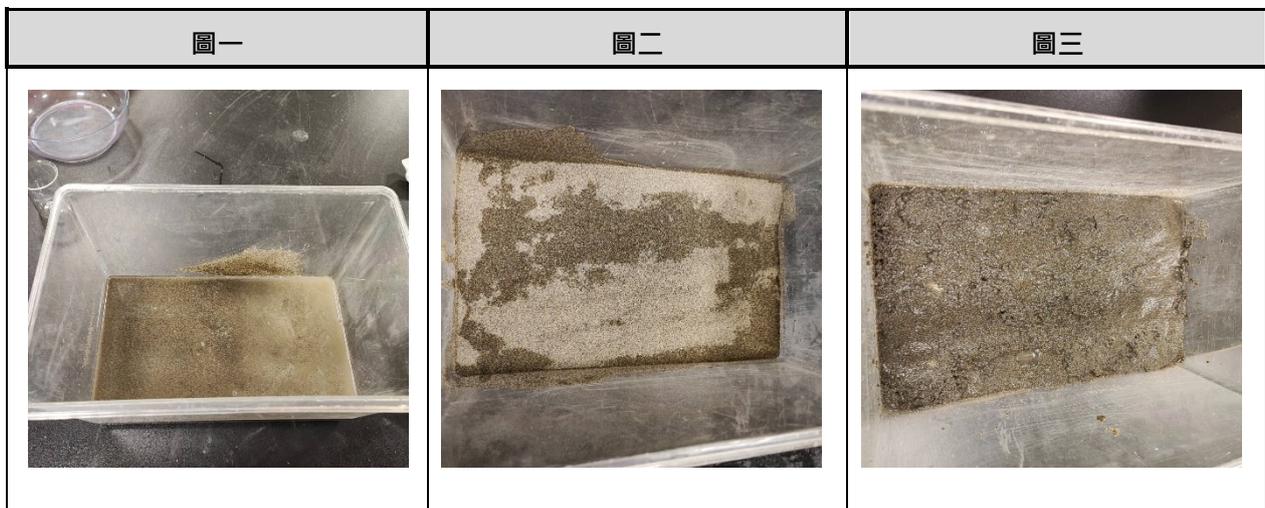
將符合震度 7 級的部分，
加總得出搖晃所花的時間

【實驗二】找到最適合土壤液化發生所需的沙水比例

我們先測試文獻上所記載的比例，發現可能是由於我們的沙顆粒較細，孔隙無法容納太多水，導致水面會高於沙面(如圖一)，因此我們不斷降低水的比例，試圖找出能在搖晃後一小段時間才發生土壤液化現象的比例，嘗試了許多比例後我們發現，必須像是真實地層般分成下方的含地下水層以及上方的乾燥沙土層(如圖二，有部分微濕)，才能讓沙土在沒搖晃前有正常的支撐力，搖晃後又能將下方的含水層中的水擠出，從而出現土壤液化的現象。

| 沙(g) | | 水(g) | 何時液化(秒) |
|-----------------|----------|------|-----------------------|
| 1800 | | 800 | 水面高於沙面許多 |
| 1800 | | 700 | 水面高於沙面許多 |
| 1800 | | 600 | 水面高於沙面許多 |
| 地下水層沙 +表面乾燥沙 | 1700+100 | 600 | 水面高於沙面許多 |
| | 1600+200 | 600 | 水面高於沙面許多 |
| | 1600+250 | 600 | 水面高於沙面許多 |
| | 1600+500 | 600 | 最表面的沙整體仍是微濕 |
| | 1600+550 | 600 | 沙面僅部分微濕，23、23、26 秒時液化 |

最後我們對照組實驗步驟為先將 1600 g 沙和 600 g 水倒入透明水槽均勻混合，模擬地下水層，再將 550 g 沙均勻鋪在上方，模擬表面乾燥沙土層，設置好後輕輕放在滑板上，旁邊放上手機開啟軟體及螢幕錄影，搖晃滑板模擬地震來襲，待沙土出現土壤液化現象(如圖三)後停止搖晃，最後根據螢幕錄影計算搖晃時間，重複三次求平均值。



【實驗三】將對照組的沙水比例，等比例放大或縮小

為了瞭解我們配置好的沙水塊，在不同大小比例下是否發生液化所需的時間有差異，因此我們將沙和水質量直接放大成 2 倍及縮小成 0.5 倍，再以同樣的步驟去配置好沙土並測量所需時間，發現沙和水愈多，會愈快發生液化，我們推測可能是由於更大量的沙塊更重，往下擠壓得更密，使得孔隙內的水分更容易被擠壓出來從而造成液化現象。

| 地下水層沙+表面乾燥沙(g) | | 水(g) | 何時液化(秒) | | | |
|----------------|-----------|------|---------|-----|-----|----|
| | | | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 |
| 0.5 倍 | 800+275 | 300 | 58 | 52 | 53 | 54 |
| 1 倍 | 1600+550 | 600 | 23 | 23 | 26 | 24 |
| 2 倍 | 3200+1100 | 1200 | 22 | 16 | 13 | 17 |

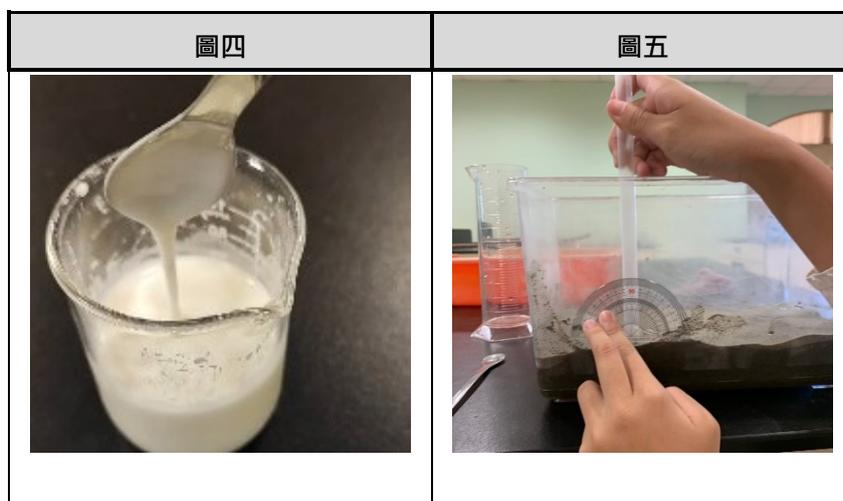
【實驗四】找到非牛頓流體最適合的配製比例

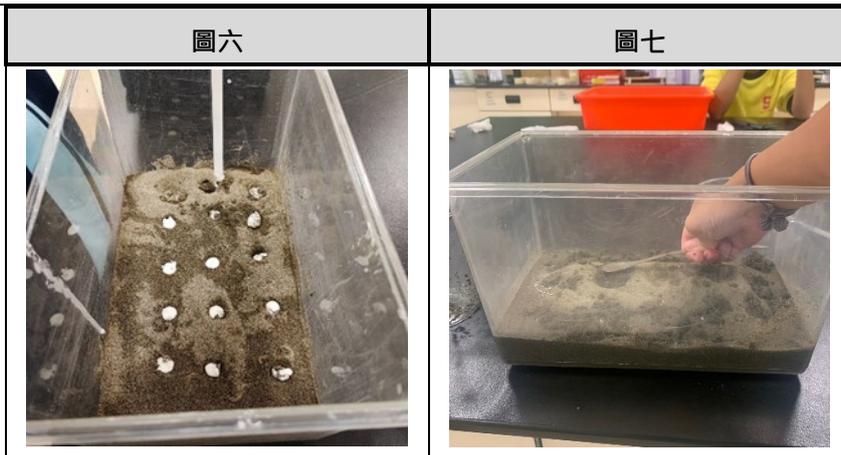
我們理想的非牛頓流體必須具有液體般的流動性，又要能在受到外力時像固體一般的堅硬，我們使用玉米粉和水，嘗試了一些比例後找到最適合的比例為玉米粉：水=40：30。

| 玉米粉(g) | 水(g) | 是否成功 |
|--------|------|------------------------------------|
| 10 | 10 | 攪拌完時發現粉尚未攪拌完全，而且已經攪不動了 |
| 20 | 10 | 攪拌完時發現無法在施力時成為暫時性的固體，而且液體上方還有一層水 |
| 40 | 30 | 攪拌完時發現施力時會變成暫時性的固體，而未施力時會變成類似液體的狀態 |

【實驗五】注入非牛頓流體，探討是否能延緩液化

由於配製非牛頓流體需要水，為了不因添加過多水分使沙土更易液化，我們控制整個沙土塊的水分固定，從要加在地下水層中的水中取出來配製非牛頓流體(如圖四)，配製好非牛頓流體後，一樣將沙和水倒入透明水槽內配置好待液化沙土塊，再取粗吸管垂直 90 度插入沙土中(如圖五，每次吸管均插到水槽底部)，取出粗吸管內的沙土塊暫放一旁，重複直到沙土塊中有 15 個柱狀的洞(每次皆為 5×3)，並將非牛頓流土注入洞中(如圖六)，再把剛剛暫放一旁、原本洞中的沙土塊鋪回水槽表面，控制整體沙土塊質量仍相同(如圖七)，整個水槽配置好後，輕輕放在滑板上，開始搖晃並記錄液化所需時間，所得結果如表。





| 地下水層沙+表面乾燥沙 (g) | 水(g) | 非牛頓流體 (玉米粉+水)(g) | | 何時液化(秒) | | | | |
|-----------------|-----------|------------------|----|---------|----------------|-----|----|----|
| | | | | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 | |
| 0.5 倍 | 800+275 | 285 | 20 | 15 | 皆為超過 3 分鐘仍無法液化 | | | |
| 1 倍 | 1600+550 | 570 | 40 | 30 | 80 | 76 | 72 | 76 |
| 2 倍 | 3200+1100 | 1140 | 80 | 60 | 39 | 38 | 40 | 39 |

五、結論與生活應用

將未加入非牛頓流體與加入之後的時間放在一起比較如圖：

| 0.5倍沙土--(800+275)沙：300水 | | | |
|---------------------------------|-------|-------|----|
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
| 58 | 52 | 53 | 54 |
| 0.5倍沙土配非牛--(800+275)沙：285水：35非牛 | | | |
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
| 皆為超過3分鐘仍無法液化 | | | |

N倍!

| 一倍沙土--(1600+550)沙：600水 | | | |
|--------------------------------|-------|-------|----|
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
| 23 | 23 | 26 | 24 |
| 一倍沙土配非牛--(1600+550)沙：570水：70非牛 | | | |
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
| 80 | 76 | 72 | 76 |

3.2倍!

| 二倍沙土--(3200+1100)沙：1200水 | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|----|
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
| 22 | 16 | 13 | 17 |
| 二倍沙土配非牛--(3200+1100)沙：1140水：140非牛 | | | |
| 第一次實驗 | 第二次實驗 | 第三次實驗 | 平均 |
| 39 | 38 | 40 | 39 |

2.3倍!

我們發現由於嘗試多次 0.5 倍的實驗組，都無法讓土壤液化，可能是比例的問題，也可能是延緩的效果太好，而之所以時間到達三分鐘後就不再繼續計時，是因為時間已經夠長了已足夠居民逃跑。

透過將每次實驗的數據做成表格對照，可以發現確實在加入非牛頓流體後，對於延長土壤液化發生時間是有幫助的，一倍的沙土能延長時間至 3.2 倍，平均在 76 秒後才發生液化，在感到強烈地震來襲、建築物即將倒塌之際，有 76 秒的逃跑時間，並且這是在震度 7 的強震之下仍有此效果，可見在生活應用上有其價值；當沙土放大成 2 倍時，由於土塊較重，孔隙更小，更易發生土壤液化，加入非牛頓流體後，平均在 39 秒後才發生液化，延長的倍數較低但也仍有延長的效果。

未來若能做更充分的研究，可以針對不同顆粒大小沙土、不同比例放大沙土、同樣總質量但不同形狀長方體土塊、不同成分非牛頓流體、非牛頓流體的不同注入角度等等，做更深入的探討，在實際應用方面我們也曾想過非牛頓流體在注入土中後，是否會隨著時間腐化分解掉，因此實驗甫一開始我們便準備了一小杯沙土注入非牛頓流體，一直放在室內窗邊觀察它何時腐化，6 個多月過去了，外觀看起來竟毫無變化，僅僅是沙土中的水分蒸乾了而已，非牛頓流體並無出現我們預想中發霉等反應，為實際應用更增添優勢。

傳統上要防止土壤液化發生時建築物倒塌，會在建築物下方打入水泥樁或是一整塊水泥，鞏固整個建築物，但是使用水泥較不環保，現在多了非牛頓流體這個可能，期許能為地震防災、土壤液化建築物下陷等問題，提供一個更環保的解決方法！

參考資料

1. 什麼是「土壤液化」？它真的很可怕嗎？——真正可怕的是你我都忽略的事。(105/02/18)。
檢自 <https://pansci.asia/archives/93837>
2. 台灣地質事件(2016-03-04)。檢自 [https://www.gst.org.tw/cht/topic_detial.php?serial=5\(2023/12/10\)](https://www.gst.org.tw/cht/topic_detial.php?serial=5(2023/12/10))
3. 范韻翎(2022/7)。振動台土壤液化引致噴砂與沉陷之機制。台灣碩博士論文知識加值系統發布之論文。
4. 「剛」「柔」並進、「硬」「軟」兼施~探討流體的「固化」與固體的「液化」現象。
中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書。
檢自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080110.pdf>
5. 廖采暉(2006/7)。土壤液化災害風險揭露程度之研究。台灣碩博士論文知識加值系統發布之論文。