

屏東縣第 66 屆科學展覽會

作品說明書

科別：地球科學科

組別：國中組

作品名稱：漏洞百出—不同土壤對堰塞湖滲水溢流潰堤速度之影響



關鍵詞：堰塞湖、溢流、潰堤

編號：B5006

目錄

摘要.....	1
壹、前言.....	1
研究動機、研究目的、探討文獻.....	1
貳、實驗器材.....	3
參、研究過程與方法.....	3
肆、實驗結果與討論.....	7
伍、結論.....	14
陸、參考文獻.....	15

摘要

堰塞湖的成因多是山崩、土石流的岩石阻擋了河道，再蓄水到一定程度後，形成湖泊，天然壩體的結構鬆散，沒有人工堤壩的種種輔助設施，只要有強降雨，湖水過多就會讓堰塞湖溢流甚至潰堤。

實驗中所用的土壤，選自屏東山地村、德文村及德文國小的土壤，作為實驗中堰塞湖的壩體與堤防，並且模擬遇到強降雨的情形，再分析三種土壤的**顆粒大小、滲水性與保水性**，接著比較三種土壤哪種較適合當作堰塞湖的堤防。

最後的實驗結果顯示，三地村土壤的顆粒較小且保水性較好，而德文村土壤的滲水性好，山地村土壤的性質近似黏土，德文村土壤的性質是砂土，德文國小的土和德文土相似，但含有更多的植物根系與有機質。所以三地村的土會比德文村的土更適合做為堰塞湖的堤防，在三地村有堰塞湖溢流或潰堤所造成的災害也會比較小。

壹、前言

一、研究動機

在 2025 年 9 月 23 日花蓮因受到樺加沙颱風，堰塞湖潰堤，讓當地的房屋被沖毀，也造成了無數的傷亡，颱風帶來大量的雨水會讓堰塞湖產生溢流的情況，台灣曾經最多有 88 個堰塞湖，如果每逢強降雨就會讓堰塞湖溢流，那會是很大的災難，希望我們的實驗，可以對減少堰塞湖的溢流與潰堤所帶來的災害。

二、實驗目的

- (一)土壤顆粒不同對滲水、溢流及潰堤時間的影響
- (二) 比較三種土哪種比較適合做堤防
- (三) 比較三種土壤在潰堤時挾帶泥沙的多少

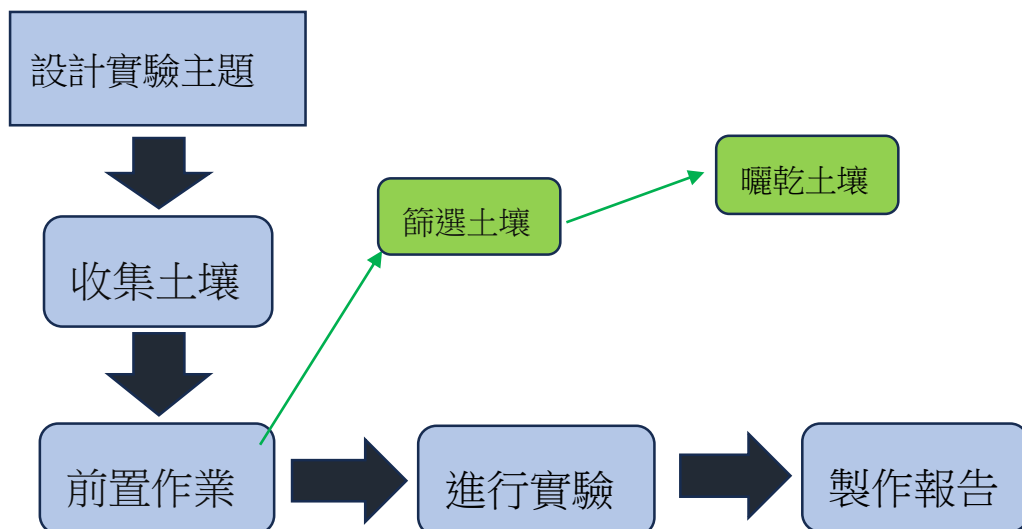
三、文獻探討

堰塞湖的形成，是因為山崩、土石流或熔岩堵塞了河谷、河床，儲水到一定程度而形成湖泊，加速堰塞湖形成的因素是地震、風災和火山爆發。天然壩體結構鬆散，沒有人工堤壩的擋水設施、過濾層等輔助結構，容易潰堤或溢流（參考一）。

(一)名詞解釋：

- 1.溢流：堰塞湖積蓄的水量過多，導致水位超過堰塞湖堤防，水越過堰塞湖堤防上流出。
- 2.潰堤：堰塞湖堤防的壩體結構被破壞，堰塞湖積蓄的水過多，水挾帶泥沙沖毀堤防。
- 3.堰塞湖堤防（壩體）：指堰塞湖原本的天然土堤，質地脆弱易被破壞。
- 4.堤防：指建在堰塞湖天然土堤外，由人工建造的人工堤防，也會較堰塞湖的天然堤防堅固。
- 5.溢流時間：指從開始模擬強降雨到堰塞湖堤防潰堤之間的時間，溢流時間越長對堰塞湖溢流來說越好。
- 6.底部滲水：指堰塞湖壩體底部滲水，此項發生的秒數較少表示滲水性佳。

四、實驗設計與流程



貳、實驗器材

山地村的土（未篩） 	德文村的土（未篩） 	三地村的土（已篩） 	德文村的土（已篩） 
透明水族箱 	模擬下雨裝置 	篩網 	鏟土工具 
墊高水族箱工具 	量尺 	裝土容器 	德文村的土 

參、研究過程與方法

※先備研究

一、研究地質

由於我們實驗的土壤分別來自三地鄉三地村與德文村，因此，我們先前往三地村的三地山南峰及德文村的德文山觀察地形與土質。照片如下：



德文山步道地質(智慧型手機拍攝)



三地山南峰步道地質(智慧型手機拍攝)

二、採集土壤

我們先後採集了德文村、三地村及德文國小的土來進行分析，照片如下：



德文村



三地村



德文國小

三、利用篩子將土壤篩成不同大小的顆粒

為了使實驗順利進行，我們先對土壤進行篩選
使用篩網（篩孔尺寸：4mm）

大顆粒：無法通過 4mm 篩網（如圖三）

小顆粒：可以通過 4mm 篩網（如圖一為三地村的土、圖二為德文村的土）



（圖一）



（圖二）



（圖三）

※正式實驗

（一）土壤顆粒不同對溢流時間的影響

1.將不同顆粒土壤德文村(綠盆)和三地村(黃盆)分別在兩個不同盆子並且做成堰塞湖壩體
（如圖四跟圖五）



(圖四)



(圖五)

2.用下雨模擬器模擬強降雨

3.觀察並記錄堰塞湖溢流時間、潰堤時間、底層溢水時間

(二) 比較三種土哪種最適合做堤防跟堰塞湖堤防

1.採用一種土（山地村土、德文村土及德文國小的土）並且有大顆粒和小顆粒

2.在透明水族箱裡，用土做成堰塞湖壩體和堤防（如圖六）



(圖六)

3.三種土壤輪流做成壩體和堤防

4 分析實驗數據.

(三) 比較三種土壤在潰堤時挾帶泥沙的多少

- 1.三種土分別在水族箱做成堰塞湖堤防
- 2.模擬強降雨
- 3.比較兩個土壤在潰堤時挾帶泥沙的多少

肆、實驗結果與討論

※先備實驗

一、地質結構分析如下：

(一)德文山地質分析

- 1.結構組成： 屬於典型的**岩屑質地層**。地表佈滿了大塊且稜角分明的碎石與片狀岩塊。
- 2.排列特徵： 岩石大小不一，且與樹根緊密交織，顯示其地層較為堅硬，物理風化作用明顯，形成許多大顆粒的緩衝空間。
- 3.步道特徵： 路面較不平整，由大小岩塊堆疊而成，土壤含量相對較少。

(二)三地山地質分析

- 1.結構組成： 以細顆粒土質為主。地表多為細小的砂土或粉土，肉眼可見的大型岩塊明顯較少。
- 2.排列特徵： 地表較為平滑且緊實，植被覆蓋下的土層厚度似乎較均勻，岩石多呈細碎狀散佈於土中。
- 3.步道特徵： 路面相對平緩，土壤在乾燥時呈現鬆散的粉塵狀，受侵蝕後的溝壑較容易觀察到細土流失的痕跡。

選擇山地村和德文村土壤的原因：山地村和德文村是容易發生土石流的地區，而土石流是堰塞湖產生的主因。

二、分析土壤性質

我們採集的土壤有三地村、德文村、德文國小的土壤，比較如下：

三地村土：屬於細砂質與粉沙的混合，這種土的顆粒最均勻。

德文村土： 含有大量板岩碎屑，形狀扁平、稜角銳利，顆粒大小落差極大。

德文國小土： 與德文土相似，但含有更多的植物根系與有機質（可以看到細根）。

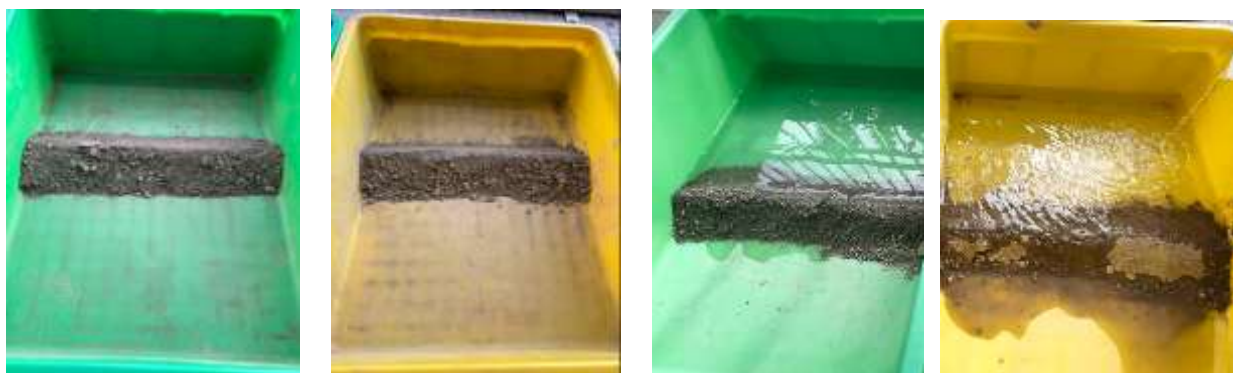
三、過篩土壤

無法通過 4mm 篩網的，就是質地類似砂質土，也是此報告中的大顆粒，而小顆粒就是可通過 4mm 篩網的黏土。

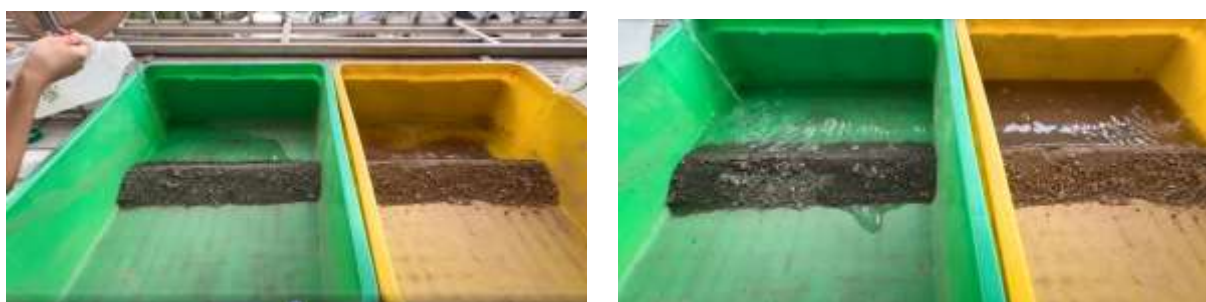
※正式實驗

(一)土壤顆粒不同對溢流時間的影響

我們用德文村(圖)與三地村(圖)的土壤做兩種不同顆粒大小的堰塞湖堤防，並且觀察他們的溢流時間、潰堤時間及滲水情形，分析如下：



以上四圖為實驗開始前與開始滲水的情形





左上圖為兩村土壤開始實驗；右上圖為左盆的德文土開始滲水

左下圖為左盆德文的土開始潰堤；左下圖為三地的右盆三地的土開始溢流

(以上相片為智慧型手機攝影之截圖)

1. 滲水 (Seepage) 的發生時機

(1)左盆（砂質土）： 發生時機： 幾乎在開始倒水後不久、水位僅達壩高 1/4 時就會發生。我們發現水並未停留在壩後，而是迅速「穿過」壩體，壩腳（下游處）很快就會出現濕痕甚至積水。

(2)右盆（黏質土）： 發生時機極晚，甚至在溢流發生前都不明顯。壩體背面會長時間保持乾燥。只有在水位接近壩頂，且持續浸泡很長時間後，才可能在壩腳看到微弱的滲透。

2. 溢流 (Overtopping) 的發生時機

(1)左盆（砂質土）： 發生時機較晚，或甚至不發生。

原因： 因為它的滲透率太高，如果倒水的速度不夠快，水會從壩體內部漏光，水位很難升到壩頂。除非你「暴雨式」地倒水，否則砂質土壩往往在溢流前就先因為內部掏空而坍塌。

(2)右盆（黏質土）： 發生時機較早，當水量達到容量極限時。

3. 潰堤 (Breach) 的發生情形

(1)左盆（砂質土）：即使水還沒翻過壩頂，只要內部滲流產生的動水壓力超過砂粒間的摩擦力，壩體下方會突然噴出「沙水」，隨後整個結構在數秒內崩解。這是一種由下而上、由內而外的突發性破壞。

(2)右盆（黏質土）： 必須等水翻過壩頂，利用流水的剪力不斷帶走表層黏土，形成一個「V 字型」缺口，缺口越沖越大，壩體才會宣告失敗。這是一種由上而下、由外而內的漸進式破壞。

分析表如下：

階段	左盆 (砂質土) 發生順序	右盆 (黏質土) 發生順序
第一步	滲水 (水位極低時即開始)	水位持續上升 (幾乎無滲水)
第二步	管湧/局部坍塌 (水位約 1/2~2/3)	溢流 (水位到達 100%)
第三步	全面潰堤 (通常在溢流前發生)	表面沖刷後潰堤 (溢流一段時間後)

表一

實驗觀察後我們發現

1. 綠色盆子裡的德文村的土壤（圖一）是砂質土顆粒較黏土大，砂質土的保水性較黏土弱，滲水性則較黏土強，所以較容易滲水。
2. 黃色盆子裡的山地村的土（圖二）是黏土顆粒小，所以保水性強，而滲水性差，所以溢流時間會比德文村的砂質土還要短。
3. 小顆粒的黏土會比大顆粒的砂質土溢流時間更長

（二）比較德文村、三地村和德文國小哪種土哪種最適合做堤防跟堰塞湖堤防

接下來，我們用德文村、三地村和德文國小來進行實驗，看看哪種土哪種最適合做堤防跟堰塞湖堤防，情形如比較如下：





左上圖為德文村土壤堰塞湖堤防開始模擬下雨，右上圖為德文村土壤堰塞湖開始滲水
左下圖為德文村土壤堰塞湖開始潰堤，左下圖為德文村土壤堰塞湖持續潰堤
(以上相片為智慧型手機攝影之截圖)



左上圖為三地村土壤堰塞湖堤防開始模擬下雨，右上圖為三地村土壤堰塞湖開始滲水
左下圖為三地村土壤堰塞湖開始溢流，左下圖為三地村土壤堰塞湖潰堤
(以上相片為智慧型手機攝影之截圖)





左上圖為德文國小土壤堰塞湖堤防開始模擬下雨，右上圖為德文國小土壤堰塞湖開始溢流

左下圖為德文國小土壤堰塞湖開始潰堤，左下圖為德文國小土壤堰塞湖持續潰堤

(以上相片為智慧型手機攝影之截圖)

三種土壤壩體實驗結果比較表（含加水桶數紀錄）

土壤來源	開始滲水（桶數/情形）	開始溢流（桶數/情形）	潰堤情形（桶數/規模）	綜合分析
德文村	第 1 桶：滲水速度極快，底部迅速變濕。	第 2 桶：水分未達頂部即從中段滲出並溢流。	第 5 桶：完全潰堤。壩體結構瞬間崩解。	土質最鬆散，抗沖刷與擋水能力最差。
三地村	第 2 桶：滲透速度中等，由底部緩慢向外擴散。	第 3 桶：水面達到壩頂後開始平穩溢流。	無明顯潰堤：至實驗結束僅表面侵蝕，結構尚完整。	土質凝聚力佳，是三者中結構最穩固的。
德文國小	第 3 桶：滲透最慢，顯示土質顆粒緊密。	第 4 桶：水量積累較久後才從頂部溢出。	第 5 桶：局部崩塌。溢流處出現切口，有小規模潰堤。	擋水性最好，但發生溢流後的抗沖刷力弱於三地村。

觀察重點總結：

1. 滲水反應（滲透性）：

德文村土壤最快（第 1 桶），代表孔隙大。

德文國小土壤最慢（第 3 桶），代表土質最細密。

2. 溢流反應（飽和度）：

德文村因為內部滲漏嚴重，其實並非標準的「滿溢」，而是因為結構軟化導致水流竄。

三地村與德文國小則能撐到水量蓄滿後才產生頂部溢流。

3. 潰堤反應（結構穩定性）：

最不穩定：德文村。它是唯一一個在實驗過程中發生整體性崩塌的壩體。

最穩定：三地村。即便發生溢流，壩體依然維持形狀，顯示該地土壤具有較強的剪力強度。

居中：德文國小。雖然擋水好，但一旦水流沖刷頂部，仍會造成局部性的結構破壞。

這份數據顯示，若以築壩或水土保持的角度來看，三地村的土質穩定性最高，而德文村的土質在雨天最容易發生土石災害。

接下來我們來分析何者土壤適合堰塞湖堤防，分析如下：

（一）堰塞湖堤防土壤

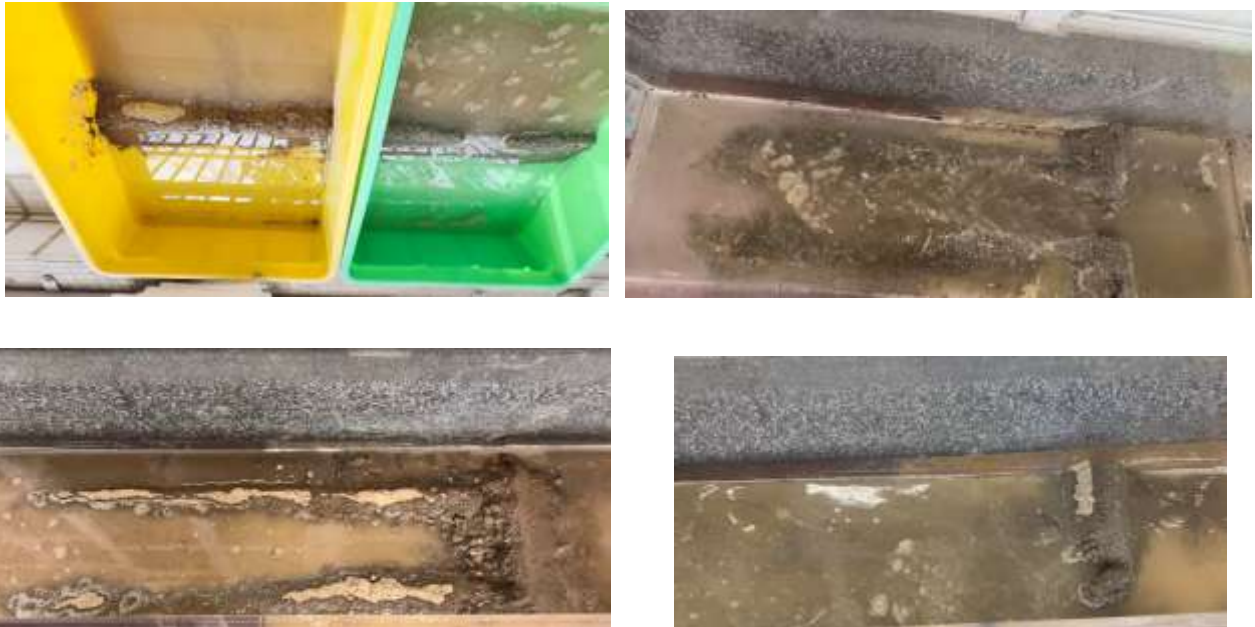
- 1.堰塞湖堤防應該是要滲水性強，保水性弱的土壤性質。
- 2.需要保水性弱，滲水性強的材料的原因是，堰塞湖堤防會滲水的話，不會積蓄大量的水，再配合堤防的設計，這樣溢流或潰堤的時候，造成的災害也會比較少。
- 3.保水性較弱，滲水性較強的土壤，會較符合砂質土的性質，所以此報告中的德文村土壤會比山地村土壤更適合做堰塞湖堤防

（二）何者適合堤防土壤選材

- 1.堤防的選材，則是需要保水性強，滲水性弱的材料。
- 2.需要保水性強，滲水性弱的土壤是因為，堰塞湖溢流後的水會流到兩條堤防之間，所以滲水性不能太強，不然水會從堤防之間滲出堤防造成災害。
- 3.保水性要強一點，原因是，這樣可以保證堰塞湖流出的水，不會滲透到其他地方，而且可以吸收溢流出來的水。
- 4.保水性較強，滲水性較弱的土壤，會比較符合黏土的性質，此報告中所使用的黏土就是山地村的土壤。

(三)比三種土壤在潰堤時挾帶泥沙的多少

堤防潰堤時 挾帶泥沙 比較三個地方的泥沙多少，圖片與分析如下：



左上為德文村和三地村溢流水夾帶泥沙情形；右上為德文村溢流水夾帶泥沙情形

左下為三地村溢流水夾帶泥沙情形；右下為德文國小溢流水夾帶泥沙情形

1. 我們比較土壤泥砂量的方法是，在做完實驗後的收拾環節，把溢流的水，用篩網把水篩過。

2.在篩水中土的環節我們明顯的看到

德文村土壤： 只能過濾出石頭，幾乎無泥沙。

山地村土壤： 可以過濾出大量的泥沙。

德文國小土壤： 有少量泥沙。

所以德文村有堰塞湖潰堤的話，攜帶的泥沙會較少。而山地村有堰塞湖潰堤，攜帶的泥沙會較多。德文國小則是，會攜帶少量泥沙和少量石頭。

伍、結論

1.根據我們的實驗黏土所組成的堰塞湖壩體雖然不易潰堤，但只要發生潰堤，所造成的災害會很嚴重。

- 2.砂質土所組成的壩體，雖然可以把積蓄的水滲透出堰塞湖，但是發生潰堤機率極高。
- 3.如果堰塞湖的壩體是砂質土，可以在附近多種植物，讓土壤吸收植物根系，讓堰塞湖不會那麼容易潰堤，造成災害也會較小。
- 4.如果堰塞湖堤防的土質是砂質土，可以在外面用人工的方式加蓋，以黏土為主要成分的人工堤防，以此來減少災害帶來的損失。

陸、參考文獻

- 1.大自然的淚珠-包盛社堰塞湖的一生(<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=23874>)
- 2.65 屆科展作品 能不能留住「泥」
(https://sci.ptc.edu.tw/Pthsci65/Upfile/Works/1741072754_636788_66.pdf)