

# 「土」氣「石」足

模擬並觀察不同種類土石流對模擬房屋的影響



研究類別：自然類

研究者：陳宣瑞

指導老師：李思萱老師

中 華 民 國 一 一 五 年 三 月 四 日

## 摘要

我的實驗中，主要目的是為了研究不同種類土石流及土石流自不同坡度斜坡流下對模擬房屋的影響，並設置不同實驗環境，操作不同變因的實驗：包括不同種類土石流和不同的斜坡坡度。而實驗則分成兩個階段，第一階段為前導實驗，第二階段為正式實驗，其中觀察項目包含斜坡上模擬房屋及坡下模擬房屋是否倒下，拍照紀錄，並以文字簡單說明。經實驗後結果如下：

1. 一般型土石流具較高的黏著性，沖水時土較不容易被沖下，土壤被水流沖下時也是呈現一整塊往下，而對模擬房屋造成的破壞則通常以沖擊、沖刷為主要方式。
2. 泥流含有較少的泥土、沙含量高，黏著性低，容易因水流沖刷出現溝紋或變鬆散而被沖下，對模擬房屋造成的破壞則通常以掩埋、沖刷為主。
3. 坡上的紅色模擬房屋和平面上模擬房屋比起來有較高的危險性，平面上橘色房屋比黃色房屋早移動、分離，或倒下。
4. 坡度越大的斜坡，模擬土石流沖擊力道越強，土沙容易堆積到較遠的地方，相反的，坡度小的斜坡，模擬土石流沖擊力道較弱，因此較不易沖倒模擬房屋。

關鍵字：模擬土石流、斜坡坡度

## 目錄

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 壹、緒論                        |    |
| 一、研究動機                      | 1  |
| 二、研究目的                      | 1  |
| 貳、文獻探討                      |    |
| 一、土石流定義                     | 2  |
| 二、土石流可能造成的災害                | 2  |
| 三、台灣土石流易發生地形                | 2  |
| 四、土石流種類                     | 2  |
| 五、相關研究                      | 3  |
| 參、研究方法                      |    |
| 一、研究設計                      | 4  |
| 二、研究設備與器材                   | 6  |
| 三、實驗環境設置方式                  | 6  |
| 四、測定方法                      | 7  |
| 肆、結果與討論                     |    |
| 一、前導實驗一-不同種類土石流對積木的破壞力      | 9  |
| 二、前導實驗二-不同坡度土石流沖下對骨牌的破壞力    | 9  |
| 三、前導實驗三-不同含水量的土石流對骨牌的破壞力    | 10 |
| 四、前導實驗四-不同種類土石流對骨牌的破壞力(第二版) | 11 |
| 五、實驗一-研究不同種類土石流對骨牌的破壞力      | 13 |
| 六、實驗二-研究不同坡度土石流沖下對骨牌的破壞力    | 15 |
| 七、討論                        | 19 |
| 伍、結論與建議                     |    |
| 一、結論                        | 20 |
| 二、建議                        | 20 |
| 參考資料                        | 22 |

## 壹、緒論

### 一、研究動機

豪雨、一瞬間的大雨及地震或各種人為因素所造成的破壞均易發生土石流，發生坡地則以 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 較多。臺灣夏季雨量多也常發生颱風，且山坡地約佔土地總面積四分之三，地形陡峭，而其因素皆容易引發土石流。最近看到新聞報導樺加沙颱風造成花蓮發生土石流還造成人員傷亡。因此，我決定做一項關於土石流的實驗。

### 二、研究目的

- (一) 研究不同種類土石流對模擬房屋(骨牌)的破壞力。
- (二) 研究土石流自不同坡度沖下對模擬房屋(骨牌)的破壞力。

## 貳、文獻探討

### 一、土石流的定義

土石流是指泥、砂、礫石及巨石等物質與水之混合物，受重力作用所產生之流動體，沿坡面或溝渠由高處往低處流動之自然現象。土石流的運動方式可以分成發生區、流動區與堆積區。發生區的橫剖面形狀多呈V字形，谷壁崩坍的碎屑會大量堆積在這裡，所以四周的植生常顯得相當稀疏。而流動區為U字形，通常位於山溝河谷流域的中下游，河床上會有河谷兩岸崩坍下來的碎屑物。至於堆積區則多在溪流下游出口處，常形成沖積扇狀的平坦地形，表面與前緣多巨大的岩塊堆積，整體看來像是一個伸長的舌頭。

### 二、土石流可能造成的災害

土石流不等於土石流災害，土石流為一種『自然現象』，但若因發生土石流時，導致人命傷亡，建築物、橋梁、公共建設毀損，造成生命或財產損失，才可稱為『土石流災害』。土石流災害常見可分為：

1. 淤埋：下游沖積扇堆積淤埋
2. 沖刷：沖刷河道兩側造成侵蝕及溪床向下切深
3. 堵塞：溪流過窄及橋涵低均易造成泥砂、石塊或流木堵塞
4. 沖擊：土石流流動時沖擊力極強，易將建築物撞毀穿透……等等。

### 三、台灣土石流易發生地形

土石流發生地點之坡度約在15至30度間為最多，發生地形則多為丘陵、山坡地及山地等地形，臺灣大部分地區為地形陡峭、地質脆弱之坡地，河短流急，每逢颱風豪雨，往往容易於斜坡或溪谷發生土石流災害。

### 四、土石流種類

依物質組成，可分成以下三種：

- (一) 泥流型土石流：土石流固體物質中泥砂含量大而礫石含量少，其泥砂含量佔50%以上。
- (二) 礫石型土石流：土石流固體物質中礫石含量大而泥砂含量少，其泥砂含量佔10%以下。

- (三) 一般型土石流：土石流中固態顆粒分佈很廣，含有黏土、粉土、砂、礫石甚至巨石，其固體物質中 泥砂含量約在10%至50%之間。

## 五、相關研究

- (一)中華民國第四十七屆中小學科學展覽會 作品說明書 國小組 自然科 佳作 081558 捍衛福爾摩沙與天災和平共存~探討土石流防治工法的攔阻效益與過壩行為之研究： 由渠槽的模擬實驗，探討防砂壩的攔阻效益與自清能力，藉以瞭解土石流防治工程。
- (二)中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書 國中組 地球科學科 第三名 030508紅色警戒： 透過土石含水量與發生區坡度實驗，認識各類型土石流的發生條件與特徵。
- (三)中華民國第49屆中小學科學展覽會作品說明書國中組地球科學科第三名030502「滾蛟龍的反噬」——以模糊方法對土石流發生之探討：探討各因素對土石流的影響效果，並分析不同降雨量與土地開發的對土石流的影響，最後以模糊人工智慧綜合判斷土石流的發生(危險)等級。

## 參、研究方法

### 一、研究設計

本研究以實驗的方式進行，實驗分為兩個階段，第一階段為前導實驗，將泥土、沙子、小石子裝進寶特瓶裡加水，接著倒進PP板上的寶特瓶裡，使其流下，沖擊斜坡下的積木，並探討不同土石流流下、不同坡度斜坡土石流流下，以及不同含水量土石流，三種不同方法探討土石流對積木的影響。其中，土石流種類分為：一般型土石流、泥流及岩屑流。但因效果不佳且不符真實土石流情況，因此將實驗方式進行修改。第二階段實驗改為「將混和後的土、沙、石，堆滿在斜坡上，再倒水模擬降雨」。首先，在表面黏上砂紙的斜坡上鋪滿依比例混合後的土和沙(厚度 $1.5 \pm 0.1\text{cm}$ )，再從斜坡最頂端以裝上澆花器的寶特瓶灑水，一共灑五次水(第一次倒200ml，第二次300ml，再來400ml、500ml、最後一次倒400ml)，每次灑完水後，觀察土堆及骨牌狀態，並拍照紀錄，以下為研究架構圖。

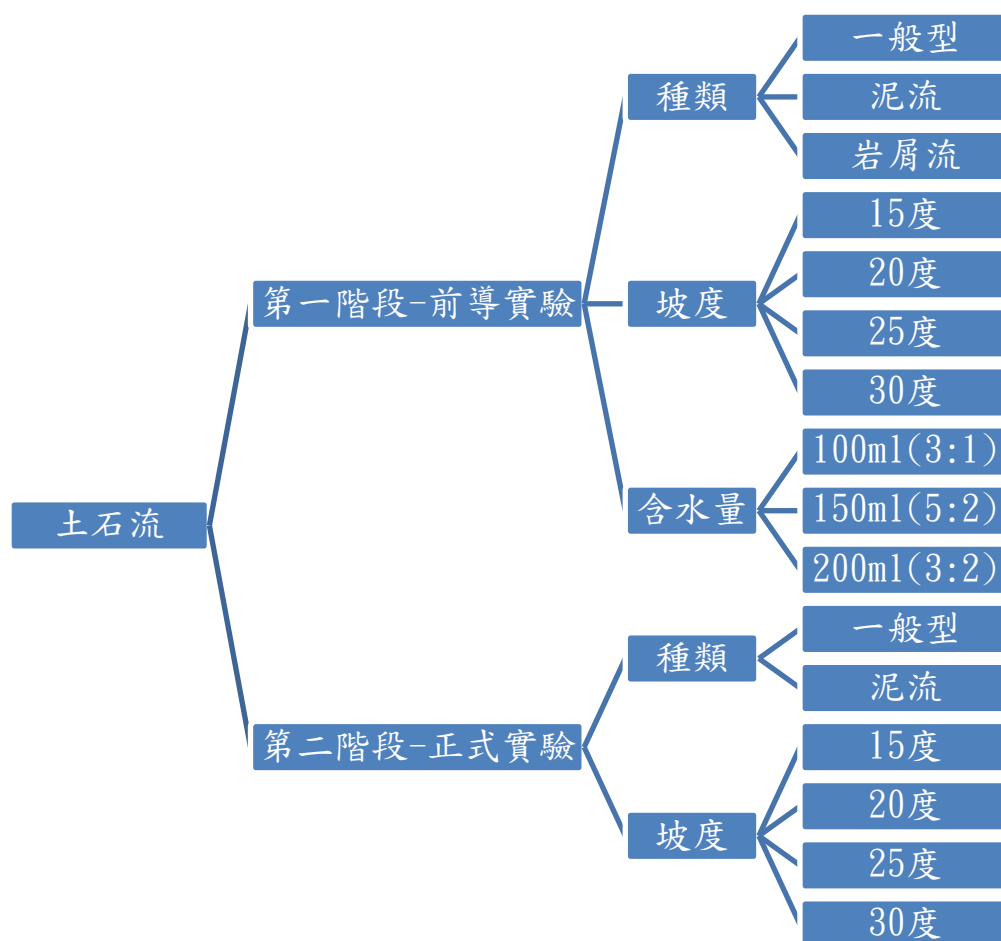


圖3-1 研究架構圖

## 二、實驗設計

### (一) 第一階段-前導實驗

#### 1. 實驗一：研究不同種類土石流對模擬房屋(積木)的破壞力。

- 操縱變因：不同種類的土石流，分為一般土石流（泥土120g、沙子80g）、泥流（泥土80g、沙子120g）、岩屑流（沙子20g、小石頭180g）。
- 控制變因：含水量200ml、斜坡30°、土石流倒下位置。
- 應變變因：觀察土石流沖擊積木後積木狀態、土石流留下所花時間

#### 2. 實驗二：研究不同坡度土石流沖下對積木的破壞力。

- 操縱變因：不同坡度，分為15°、20°、25°、30°
- 控制變因：土石流種類(泥流：泥土80g、沙子120g)、含水量200ml、土石流倒下位置。
- 應變變因：觀察土石流沖擊模擬房屋(積木)後的狀態、土石流留下所花時間。

#### 3. 實驗三：研究不同含水量的土石流對模擬房屋(積木)的破壞力。

- 操縱變因：不同含水量(100ml、150ml、200ml)。
- 控制變因：土石流種類(泥流：泥土80g、沙子120g)、斜坡、土石流倒下位置。
- 應變變因：觀察土石流沖擊積木後積木狀態、土石流留下所花時間。

### (二) 第二階段-正式實驗

#### 1. 實驗一：研究不同種類土石流對模擬房屋(骨牌)的破壞力。

- 操縱變因：不同種類的土石流，分為一般土石流（以泥土:沙子為3:2的比例在斜坡上堆滿土沙）與泥流（以泥土:沙子為2:3的比例在斜坡上堆滿土沙）。
- 控制變因：斜坡坡度30°、沖水位置、沖水量。
- 應變變因：觀察土石流沖擊骨牌後狀態(包含坡上紅色模擬房屋及平面上橘色、黃色模擬房屋)。

#### 2. 實驗二：研究不同坡度土石流對模擬房屋(骨牌)的破壞力。

- 操縱變因：不同坡度，分為15°、20°、25°、30°。
- 控制變因：土石流種類(泥流)、沖水位置、沖水量

- 應變變因：觀察土石流沖擊骨牌後狀態(包含坡上紅色模擬房屋及平面上橘色、黃色模擬房屋)。

## 二、研究設備與器材

|                                                                                    |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |  |   |   |
| 電子秤                                                                                | 錄影工具                                                                              | 土                                                                                   | 沙                                                                                    |
|  |  |  |  |
| 石頭                                                                                 | 砂紙                                                                                | 自製斜坡                                                                                | 寶特瓶澆水器                                                                               |

## 三、實驗環境設置方式

### (一) 支架

將塑膠壓條裁剪32cm後，用鉗子在四個距離壓條底部不同公分數(25cm、20cm、16cm、12cm)的地方壓出痕跡，且按照痕跡對折之後，不同位置折痕對折以後放置於地上，並將斜坡放上，可讓斜坡與地面產生不同角度： $15^{\circ}$ 、 $20^{\circ}$ 、 $25^{\circ}$ 、 $30^{\circ}$ 。



### (二) 斜坡

使用PP板(寬30cm、長50cm)兩側各黏上長30cm、高4.2cm(減去黏貼部分高3.7cm)的PP板，不夠部分再將剩餘PP板裁切相成同高度後黏上(長20cm)。

### (三) 模擬房屋

#### 1. 第一版-樂高積木(前導實驗一)

在斜坡下放置積木底板(積木格數:16×16格、12.8cm×12.8cm)，上面組裝六組積木，分三排，每排分別有兩個模擬房子的積木，並且，分別有四種不同形狀的積木：普通房屋(長方形、2×4積木兩塊堆疊)、大L型(後排1×4積木兩塊堆疊、前排1×2積木兩塊堆疊)、大U型(後排1×4積木兩塊堆疊、前排1×2積木兩塊堆疊兩組，分別排在後排1×4積木左右兩側)、大T型(後排1×6積木兩塊堆疊、前排2×2積木兩塊堆疊)，後三者為較危險的建築形態。



## 2. 第二版-骨牌(前導實驗二至前導實驗四、實驗一、實驗二)

在斜坡下放置六組骨牌(5.5×3.5×0.6)，分三排，每排分別有兩個模擬房子的骨牌組合，透過不同排列方式來模擬不同外觀的房子，並且，分別有四種不同排列方式的骨牌：普通房屋(三塊骨牌貼合，長邊向下橫向擺放)、大L型(兩塊骨牌貼合，長邊向下橫向擺放，末端接上長邊向下直向擺放兩塊貼合骨牌)、大U型(兩塊骨牌貼合，長邊向下橫向擺放，前後兩側各擺放一塊長邊向下直向擺放的骨牌)、大T型(兩塊骨牌貼合，長邊向下橫向擺放，骨牌前方擺放兩塊骨牌貼合，長邊向下直向擺放)，後三者為較危險的建築形態。並且，在改為將土鋪滿於斜坡上後，也將骨牌放置於斜坡上的土壤中，以模擬山坡的房屋。前導實驗二至前導實驗四只有斜坡下方的六組骨牌，實驗一及實驗二除斜坡下方的六組骨牌外，另外增加斜坡上的骨牌。



## 四、測定方法

(一)積木(骨牌)狀態：土石流沖下後，觀察積木掉落、分離情況，並拍照紀錄。從「前導實驗二」開始改用骨牌模擬房屋，並且從正式實驗開始，觀察項目為骨牌移動、分離、倒下情形三項，還有分成坡上骨牌(紅色)以及平面上骨牌(橘色和黃色)。

(二)土石流從斜坡流下所花時間：用碼錶計時(手機)，從倒下土石流時開始，土石流從瓶中全數流出後(不再流動)結束計時，並觀察不同情況土石流流下所花時間。從「前導實驗四」開始不測定。

## 肆、結果與討論

### 一、前導實驗一-研究不同種類土石流對積木的破壞力

#### (一) 實驗記錄

表4-1

不同種類土石流流下所花時間及積木掉下塊數比較表

| 土石流類型<br>觀察項目 | 一般型土石流                                                                            | 泥流                                                                                 | 岩屑流                                                                                 |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 流下所花時間        | 12秒                                                                               | 10秒                                                                                | 4秒                                                                                  |
| 積木掉下塊數        | 0                                                                                 | 0                                                                                  | 0                                                                                   |
| 整體狀態          |  |  |  |

#### (二) 結果發現

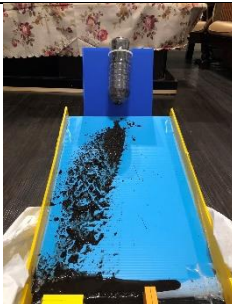
1. 不同種類土石流流動速度不同，且流下所花時間一般型土石流＞泥流＞岩屑流，推測原因為土石流中土含量較高，且與水充分混合後，水的黏著性較高，容易殘留在斜坡上，因此流動速度較慢(一般型土石流土含量高，岩屑流不含土)
2. 積木經過土石流衝擊後，都沒有明顯變化，因此，接下來的實驗將原本的積木改為骨牌。
3. 如果依原本比例中土、沙、石重量(一般型：土. 120g、沙. 80g、泥流：土. 80g、沙. 120g、岩屑流：石. 180g、沙. 20g，總種200g)來調製土石流，在裝進瓶子時會裝不下，因此將每種土石流中的土、沙、石重量改為原本重量的一半(總重100g)。
4. 原本的寶特瓶瓶口太小，加入土石流時不好加入，且在倒出時也難以倒出，因此在之後的實驗，決定改用瓶口較大的塑膠瓶(便利商店的咖啡瓶)。

### 二、前導實驗二-研究不同坡度土石流沖下對骨牌的破壞力

## (一) 實驗記錄

表4-2

土石流自不同坡度流下所花時間及積木掉下塊數比較表

| 坡度<br>觀察項目 | 30°                                                                               | 25°                                                                               | 20°                                                                                | 15°                                                                                 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 流下所花時間     | 3秒                                                                                | 4秒                                                                                | 5秒                                                                                 | 6秒                                                                                  |
| 骨牌傾倒塊數     | 0                                                                                 | 0                                                                                 | 0                                                                                  | 0                                                                                   |
| 整體狀態       |  |  |  |  |

## (二) 結果發現

1. 不同坡度土石流流下所花時間不同，且流下所花時間 $15^{\circ} > 20^{\circ} > 25^{\circ} > 30^{\circ}$ ，表示坡度越大，斜度越斜，土石流流速越快。
2. 不同坡度土石流流下後殘留土石量不同，推測應該是因為坡度較大斜坡上的土石因坡度較大而容易流動，坡度小則不易流動。

## 三、前導實驗三-研究不同含水量的土石流對骨牌的破壞力

### (一) 實驗記錄

表4-3

不同含水量土石流流下所花時間及積木掉下塊數比較表

| 含水量<br>觀察項目 | 100ml                                                                               | 150ml | 200ml                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 流下時間        | 7秒                                                                                  | 6秒    | 5秒                                                                                    |
| 骨牌傾倒數       | 0                                                                                   | 0     | 0                                                                                     |
| 整體狀態        |  | 未拍照記錄 |  |

## (二) 結果發現

1. 含水量較高的土石流流下時間較短；含水量較低的土石流流下時間較長，表示水量多能提高土石流流動性，並加快土石流流動速度。
2. 含水量較低的土石流流下後殘留土石量較多；含水量較高的土石流流下後殘留土石量較少，因此含水量也會影響土石殘留量。
3. 原本設定的水量(190ml、200ml、210ml)差距太小，可能看不出差別，因此決定將水量差距調大(100ml、150ml、200ml)，較容易觀察其變化。
4. 根據實驗結果發現，就算改變房子的模擬方式或擺放方式，土石流也都無法將房子沖倒，並且，經過與老師的討論，還有資料的收集與參考，決定將土石流的模擬方式改成依比例混和土、沙、石後堆在斜坡與斜坡下平面的交界處，再模擬降雨將水從斜坡頂端沖下。

## 四、前導實驗四-研究不同種類土石流對骨牌的破壞力(第二版)

### (一) 實驗記錄

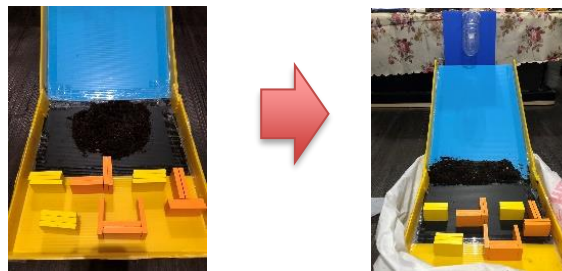
表4-4

不同種類土石流沖擊後骨牌移動塊數比較表

| 土石流類型<br>觀察項目 | 一般型土石流                                                                              | 泥流                                                                                   | 岩屑流                                                                                   |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 骨牌移動塊數        | 0                                                                                   | 1                                                                                    | 1                                                                                     |
| 整體狀態          |  |  |  |

## (二)結果發現

1. 將原本土、沙、石混合加水倒下的方法改變成依比例混和土、沙、石後，放置於斜坡與斜坡下平面的交界處，再倒水模擬降雨，因此需要將斜坡下的平面加長。
2. 在實驗過程中，土堆原先放置於斜坡下黑色平面上，但經實驗後，決定改放置於斜坡與斜坡下平面的交界處。



3. 雖然將土堆放置於斜坡與斜坡下平面的交界處相較於放置於斜坡下黑色平面上，已較為適合，但水沖下後未直接沖到土堆上，並不像真正下雨造成土石流，因此在之後的實驗，決定改成將混和後的土、沙、石，堆滿在斜坡上，再倒水模擬降雨。
4. 因改變實驗方式及實驗環境設置的方式，因此實驗測定的項目與測定方法，也有所變動，改變及增加的測定項目為以下幾項：
  - (1) 將原本骨牌傾倒塊數的項目，改為骨牌移動塊數。
  - (2) 因倒下的只有水，因此不計算留下所花時間。
5. 實驗時發現以原本固定的水量(200ml)，難以將土堆明顯的沖垮或沖至放置骨牌處，因此在進行泥流及岩屑流的實驗，直接將塑膠瓶裝滿水(275ml)再倒下，因塑膠瓶中不用再混和土、沙、石，不需要較大的瓶口，因此在之後的實驗中，將倒水的瓶子改為寶特瓶。

## 五、實驗一-研究不同種類土石流對骨牌的破壞力

### (一)一般型土石流

#### 1. 實驗記錄

表4-5

一般型土石流各項目紀錄表

| 降雨<br>觀察項目    | 第一次降雨<br>(200ml)                                                                    | 第二次降雨<br>(300ml)                                                                    | 第三次降雨<br>(400ml)                                                                    | 第四次降雨<br>(500ml)                                                                     | 第五次降雨<br>(400ml)                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 坡上紅模擬房屋是否倒下   | 否                                                                                   | 是(只倒左邊那塊)                                                                           | 是(只倒左邊那塊)                                                                           | 是(只倒左邊那塊)                                                                            | 是(只倒左邊那塊)                                                                             |
| 平面上橘色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 1塊                                                                                   | 1塊                                                                                    |
| 平面上黃色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                   | 1塊                                                                                    |
| 整體狀態(文字)      | 上方土壤部份被水流冲刷                                                                         | 水流流下，坡上模擬房屋倒下                                                                       | 中央土壤被冲刷，部分橘色模擬房屋移動、分離                                                               | 更多土壤被沖下，並開始堆積，幾乎所有模擬房屋移動                                                             | 幾乎所有土壤被沖下，堆積更多土沙，所有模擬房屋明顯移動，甚至倒下                                                      |
| 整體狀態(圖片)      |  |  |  |  |  |

## 2. 結果發現

- (1) 在坡上的紅色模擬房屋比平面上房屋早倒下，也比較容易倒下，證實房屋蓋在山坡地上有較高的危險性。
- (2) 平面上橘色房屋比黃色房屋早移動、分離，甚至倒下，證實大L型、大U型、大T型的房屋型態較危險。
- (3) 坡上紅色模擬房屋只倒下一塊，推測可能是因為模擬降雨時倒水不平均，之後實驗時應注意倒水平均。

## (二) 泥流

### 1. 實驗記錄

表4-6

泥流各項目紀錄表

| 降雨<br>觀察項目    | 第一次降雨<br>(200ml)                                                                    | 第二次降雨<br>(300ml)                                                                    | 第三次降雨<br>(400ml)                                                                    | 第四次降雨<br>(500ml)                                                                      | 第五次降雨<br>(400ml)                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 坡上紅色模擬房屋是否倒下  | 否                                                                                   | 否                                                                                   | 否                                                                                   | 是(兩塊都倒，且被沖下)                                                                          | 是(兩塊都倒，且被沖下)                                                                          |
| 平面上橘色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 3塊                                                                                    | 5塊                                                                                    |
| 平面上黃色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                    | 0塊                                                                                    |
| 整體狀態<br>(文字)  | 水流直接從斜坡上方流至下方，並留下明顯溝紋                                                               | 上方土壤被沖下，水流在土壤上留下更多溝紋                                                                | 更多土壤被沖下，並開始在平面上堆積                                                                   | 坡上模擬房屋倒下，並開始有橘色模擬房屋倒下，多數模擬房屋移動，堆積更多土沙                                                 | 幾乎所有土壤被沖下，堆積大量土沙，所有模擬房屋明顯移動，多數橘色模擬房屋倒下                                                |
| 整體狀態<br>(圖片)  |  |  |  |  |  |

## 2. 結果發現

- (1) 在前幾次降雨時，雖然模擬房屋沒有移動或倒下，但可以看到土上有明顯的溝紋，還有許多土沙被沖下，且在第三次降雨時發生土石流，證實連續降雨容易發生土石流。
- (2) 平面上的模擬房屋倒下時，容易因離其他模擬房屋太近，而倒在其他模擬房屋上，沒有完全倒下，但在實驗中，還是算倒下。
- (3) 一般型土石流的土坡中因含有較多的土，且沙含量少，具較高的黏著性，因此在沖水時較不容易沖下，土壤被水流沖下時也是呈現一整塊往下；而泥流中因含有的土較少，沙含量高，造成黏著性較低，因此在沖水時容易因水流沖刷變的鬆散而被沖下。

## 七、實驗二-研究不同坡度土石流沖下對骨牌的破壞力

### (一) 30°斜坡

#### 1. 實驗記錄

表4-7

30°斜坡各項目紀錄表

| 降雨<br>觀察項目    | 第一次降雨<br>(200ml)                                                                    | 第二次降雨<br>(300ml)                                                                    | 第三次降雨<br>(400ml)                                                                    | 第四次降雨<br>(500ml)                                                                     | 第五次降雨<br>(400ml)                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 坡上紅色模擬房屋是否倒下  | 是(只倒左邊那塊)                                                                           | 是(只倒左邊那塊)                                                                           | 是(只倒左邊那塊)                                                                           | 是(兩塊都倒，且被沖下)                                                                         | 是(兩塊都倒，且被掩埋)                                                                          |
| 平面上橘色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                   | 0塊                                                                                    |
| 平面上黃色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 3塊                                                                                  | 3塊                                                                                   | 3塊                                                                                    |
| 整體狀態<br>(文字)  | 水流流下，並沖倒坡上模擬房屋                                                                      | 上方土壤被沖下，並流至平面處開始堆積                                                                  | 更多土壤被水流沖下，並留下溝紋，在平面上堆積更多土沙，平面上黃色模擬房屋倒下                                              | 坡上模擬房屋全部倒下，且被掩埋，堆積更多土沙                                                               | 上方所有土壤被沖下，堆積大量土沙，幾乎所有模擬房屋移動                                                           |
| 整體狀態<br>(圖片)  |  |  |  |  |  |

#### 2. 結果發現

- (1) 水流沖下後，容易留下溝紋，且在之後沖水時，水就會沿著溝紋流下，並沿途沖倒模擬房屋。
- (2) 多數模擬房屋被土石流沖刷過後，幾乎都只有被土沙推擠而移動，很少倒下，推測可能是因為水沒有直接沖到模擬房屋。

## (二) 25°斜坡

### 1. 實驗記錄

表4-8

25°斜坡各項目紀錄表

| 降雨<br>觀察項目    | 第一次降雨<br>(200ml)                                                                    | 第二次降雨<br>(300ml)                                                                    | 第三次降雨<br>(400ml)                                                                    | 第四次降雨<br>(500ml)                                                                      | 第五次降雨<br>(400ml)                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 坡上紅色模擬房屋是否倒下  | 否                                                                                   | 是(只倒右邊那塊)                                                                           | 是(只倒右邊那塊)                                                                           | 是(只倒右邊那塊)                                                                             | 是(只倒右邊那塊)                                                                             |
| 平面上橘色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                    | 0塊                                                                                    |
| 平面上黃色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                    | 0塊                                                                                    |
| 整體狀態<br>(文字)  | 水流流下，留下些微溝紋，沒有明顯變化                                                                  | 上方部分土壤被沖下，溝紋變得較明顯，坡上模擬房屋倒下並且有土沙流至平面處                                                | 上方土壤被水流沖下，並留下更多溝紋，在平面上堆積土沙                                                          | 上方土壤幾乎都被水流沖下，平面堆積更多土沙                                                                 | 上方所有土壤被沖下，堆積大量土沙，部分平面上模擬房屋移動                                                          |
| 整體狀態<br>(圖片)  |  |  |  |  |  |

### 2. 結果發現

- (1) 在25°的斜坡上，當水流沖下時，因斜坡較平緩，水流沖擊力較小，土沙被沖下後，相較30°的斜坡，房屋較不容易倒下。
- (2) 當土沙留至平面處堆積時，平面上模擬房屋容易因土沙推擠而移動，甚至倒下。

## (二) 20°斜坡

### 1. 實驗記錄

表4-9

20°斜坡各項目紀錄表

| 降雨<br>觀察項目    | 第一次降雨<br>(200ml)                                                                    | 第二次降雨<br>(300ml)                                                                    | 第三次降雨<br>(400ml)                                                                    | 第四次降雨<br>(500ml)                                                                     | 第五次降雨<br>(400ml)                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 坡上紅色模擬房屋是否倒下  | 否                                                                                   | 是(只倒右邊那塊)                                                                           | 是(只倒右邊那塊)                                                                           | 是(只倒右邊那塊)                                                                            | 是(只倒右邊那塊)                                                                             |
| 平面上橘色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                   | 0塊                                                                                    |
| 平面上黃色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                   | 0塊                                                                                    |
| 整體狀態<br>(文字)  | 水流流下，上方部分土壤被沖下，                                                                     | 上方土壤被沖下，坡上留下溝紋，坡上模擬房屋倒下，並且有土沙流至平面處                                                  | 更多土壤被沖下，水流在坡上留下明顯溝紋，且有更多土沙流至平面處堆積                                                   | 坡上留下更多溝紋，平面堆積更多土沙                                                                    | 上方幾乎所有土壤被沖下，平面堆積大量土沙                                                                  |
| 整體狀態<br>(圖片)  |  |  |  |  |  |

## 2. 結果發現

- (1) 再20°的斜坡上，土堆大多可以穩定附著在斜坡上，代表角度較小斜坡上的土堆較不容易被沖下。
- (2) 在20°的斜坡上，當水流沖下時，因斜坡較平緩，水流沖擊力較小，土沙被沖下後，相較前兩種角度較大的斜坡，房屋較不容易倒下。

## (三) 15°斜坡

### 1. 實驗記錄

表4-10

15°斜坡各項目紀錄表

| 降雨<br>觀察項目    | 第一次降雨<br>(200ml)                                                                    | 第二次降雨<br>(300ml)                                                                    | 第三次降雨<br>(400ml)                                                                    | 第四次降雨<br>(500ml)                                                                      | 第五次降雨<br>(400ml)                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 坡上紅色模擬房屋是否倒下  | 否                                                                                   | 是(只倒左邊那塊)                                                                           | 是(兩塊都倒)                                                                             | 是(兩塊都倒)                                                                               | 是(兩塊都倒)                                                                               |
| 平面上橘色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                    | 0塊                                                                                    |
| 平面上黃色模擬房屋倒下塊數 | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                  | 0塊                                                                                    | 0塊                                                                                    |
| 整體狀態<br>(文字)  | 水流流下，並在土壤上留下些微溝紋                                                                    | 上方土壤部分被沖下，坡上留下溝紋，坡上模擬房屋倒下並且有土沙流至平面處                                                 | 上方更多土壤被沖下，水流在坡上留下更多溝紋                                                               | 坡上土壤整塊滑落，平面堆積更多土沙，部分平面上模擬房屋移動                                                         | 上方幾乎所有土壤被沖下，平面堆積大量土沙                                                                  |
| 整體狀態<br>(圖片)  |  |  |  |  |  |

## 2. 結果發現

- (1)坡上土壤被水流沖刷一段時間後，容易變得潮濕而整塊滑落。
- (2)在15°的斜坡上，當水流沖下時，因斜坡較平緩，水流沖擊力較小，土沙被沖下後，相較前三種角度較大的斜坡，房屋較不容易倒下。
- (3)角度越大的斜坡，水流沖下的力道越大，土沙也越容易被沖下，相反的，角度越小的斜坡，水流沖下的力道越小，土沙也越不容易被沖下。

## 八、討論

### (一)不同類型土石流的破壞力

1. 一般型土石流：在我的實驗中，可發現一般型土石流雖然流動速度較慢，但通常發生時沖擊力較強，容易在沖擊模擬房屋後毀損建築物結構，此結果與防災資訊網上的資料相同，因此，若發現土石流發生的預兆(如：溪水流量急遽減少、有異常的山鳴、溪水異常混濁、溪水中帶有流木或有石頭摩擦聲音……等等)，就應緊急撤離在災害潛勢區的民眾。
2. 泥流：在我的實驗中，模擬降雨量越大，泥流對模擬房屋的破壞力越強，位移情形明顯，同時藉由觀察可以發現含水量高、流動速度快等特性，此結果與網路上的資料相同，在台灣地區，常在一瞬間暴雨或颱風時發生，具有強大淤埋與磨蝕破壞力，沖刷房屋後房屋地基容易造成房屋損毀、倒下，因此平時就做好防災準備更顯得重要。

### (二)土石流自不同坡度流下的影響

斜坡角度越大，土沙越容易被沖下，土石流沖下時的量以及力道也越大，相反的，斜坡角度越小，則土沙越不容易被沖下，土石流沖下時的量以及力道也越小。在現實生活中，山坡坡度越大，越容易發生土石流，發生土石流後造成的災害也相對嚴重。因此，應避免在山坡地上建築房屋。

## 伍、結論與建議

### 一、 結論

#### (一) 不同種類土石流對模擬房屋(骨牌)的破壞力不同

根據實驗發現，一般型土石流（以泥土:沙子為3:2的比例在斜坡上堆滿土沙)的土坡中因含有較多的泥土，且沙含量低，具較高的黏著性，因此在沖水時土較不容易被沖下，土壤被水流沖下時也是呈現一整塊往下，而對模擬房屋造成的破壞則通常以沖擊、沖刷為主要方式。泥流（以泥土:沙子為2:3的比例在斜坡上堆滿土沙)的土坡中因含有較少的泥土，且沙含量高，造成黏著性較低，因此在沖水時容易因水流沖刷出現溝紋或變得鬆散而被沖下，而對模擬房屋造成的破壞則通常以掩埋、沖刷為主要方式。

但不管是一般型土石流還是泥流，在坡上的模擬房屋都很容易倒下，由此可知，房屋若蓋在山坡地上有較高的危險性，與事實相符。

#### (二) 泥流自不同坡度沖下對模擬房屋(骨牌)的破壞力不同

坡度越大的斜坡，模擬土石流(泥流)沖擊力道越強，水流流速越快，沖下後也會對模擬房屋造成較大影響(比如：倒下、向後位移)，土沙也容易堆積到平面較後方；相反的，坡度小的斜坡，模擬土石流沖擊力道較弱，水流流速慢，土沙容易在平面前方堆積，因此較不易沖擊模擬房屋。

### 二、建議

#### (一) 增加實驗項目

此次實驗因為時間關係，加上前導實驗的摸索期較長，因此只做了不同土石流類別及不同坡度的比較，我建議如果要做類似實驗，研究項目可以再增加，比如：更換斜坡表面材質、使用不同種類土壤模擬土石流……等。

#### (二) 增加基底斜坡的穩固度

在實驗中，我發現我的自製斜坡容易因土壤重量過重而發生歪斜或倒下的情形，因此建議若之後實驗中要自製斜坡者，可將斜坡做的穩固一點，也可以使用木製或其他較穩固的材質。

#### (三) 製作自動澆水器

模擬降水用的澆水器除了用手操作外，建議可製作一個可自動澆水的裝置，以防用手操作的不準確性。

### 參考資料

<https://www.banqiao.ntpc.gov.tw/uploaddowndoc?file=banqiao01/202012171104130.pdf&filedisplay=201606-105.pdf&flag=doc>土石流簡介

[https://246.ardswc.gov.tw/Info/Debris\\_Definition](https://246.ardswc.gov.tw/Info/Debris_Definition)防災資訊網

<https://twgeoref.gsmma.gov.tw/GipOpenWeb/wSite>地質知識服務網

Microsoft Word - 詹錢登-土石流概論-2004.doc

<https://w3fs.tainan.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9VcGxvYWQvMjQvcmVsZmlsZS8yMzQ4MS83ODM4NzYzLzlkNzJjMzlkLWQ1ZWItNDUyYS1iYjFkLTVmM2E0YjNiZDNmYS5wZGY%3D&n=5Zyf55%2Bz5rWB5a6a576p44CB5aSn6KaP5qih5bSp5aGM5a6a576p6IiH5Zyf55%2Bz5rWB6K2m5oiS5Z%2B65rqW5YC85Y%2BK57SF6buD6Imy6K2m5oiSLTA4MTYucGRm&icon=.pdf>潛勢區、影響範圍

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=57532906-2e88-45c6-8422-6d7435a9d250>土石流詳細介紹

[47屆國展捍衛福爾摩沙科展作品](#)相關研究