

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：矛盾大對決—最強土石流對決最堅固建築

一、摘要：

土石流是大量雨水導致土石鬆動，順著山坡滑落的自然現象，而土石流對人類往往會造成巨大的傷害，我們想知道威力最強的土石流會在甚麼情況發生，而又有甚麼建築物能抵擋超強土石流，因此設計了模擬土石流的實驗，將山坡的**坡度**和土石流的**土石種類**，當作操作變因，並使用從古代流傳下來的糯米建築法建造被沖刷的房屋，進一步改變建築材料與形狀，主要材料為糯米漿、石灰及不同的黏土種類，去建造各種形狀之建築，找出兼具環保與穩固的建築模式，本研究自行架構土石流沖刷設施，將造好之建築放入其中沖刷，結果發現**土石流在坡度 30 度、土石種類為上游土石時威力最強**，建築方面則是**傳統糯米橋的材料比例，添加 80%高嶺土，並製成圓柱狀結構，能使建築最為穩固**，且根據此結果，整理出了六個在生活中可以降低土石流災害的建議方法。

二、探究題目與動機

(一) 探究題目：

矛盾大對決—最強土石流對決最堅固建築

(二) 探究動機：

2009 年八八風災造成小林村滅村災難的慘況，不只是路斷橋垮，房屋也倒塌。還有當年偷工減料的建築也浮出水面。居民生命安全也受到迫害。悲慟之際也覺得大自然的力量實在太可怕，小小的土石加雨水的沖刷，就造成了 100 多戶的家破人亡，台灣人心中永遠的疙瘩，也讓我們想多加認識土石流。山崩落石與石塊、水、泥土混合後隨著下坡滾動、流動，對住在山坡下的人們時常造成不小的危害，嚴重甚至危及自身性命。該如何面對不可避免、無法準確預知的天災，我們想從人造的建築物開始檢索，以實際模擬土石流的方式來實驗，藉此希望能減少災害帶來的危害。

三、探究目的與假設

(一) 探究目的：

研究一：探討土石流傷害最強之坡度及土石種類。

研究二：探討能形成穩固建築的黏土材料及建築形狀

研究三：以土石流傷害最強及最穩固建築之組合進行實測

(二) 探究假設：

表 1、假設最終最強土石流及最穩固建築的實驗結果

最強土石流	最穩固建築
土石種類：中游土石 坡度：15 度 為最強的土石流	黏土材料：含高嶺土 建築形狀：正方體 為最穩固的建築

四、探究方法與驗證步驟

(一)研究架構：

我們使用糯米當作建材製造建築物，但是我們不瞭解糯米建築的知識，也不了解土石流，所以我們先查找資料再設計實驗，接著採買材料、進行實驗，最後統整實驗數據。

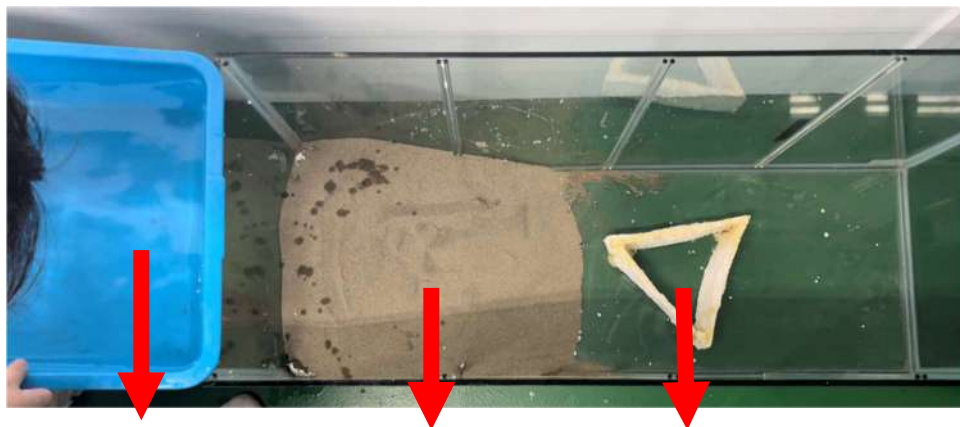
(二)實驗步驟：

● 研究一：探討土石流傷害最強之坡度及土石種類。

1. 坡度實驗：

本研究是先以保麗龍板製成斜坡，放置魚缸的一側，在保麗龍板鋪上土石，並以水盆沖刷斜坡上的土石，並觀察建築物的變化。以**土石坡度作為操縱變因**，如下圖 1。

圖 1、研究架設計圖



控制變因：水流量

操縱變因：坡度

控制變因：土石種類、建築形

2. 土石種類實驗：

探討土石流傷害最強之土石種類及原因（表 4）

沿用「研究一」之研究架設，並且統一使用 20°的斜坡，最終觀察建築物之受損形況。本研究以**土石種類作為操縱變因**，如表 2。

表 2、研究土石流傷害最強之土石種類實驗之變因

操縱變因	控制變因	應變變因
土石種類（上游、中游、下游）	坡度、水流量、建築形狀	建築物之受損狀況

● 研究二、探討能形成穩固建築的黏土材料及建築形狀

1. 研究構想：我們以建築的**建材及建築方法**（形式、形狀）為“操縱變因”，以土石流的土石種類、坡度、水量為「控制變因」，進行研究探討，如下表 3。

表 3、為研究之操縱變因、控制變因、應變變因

	操縱變因	控制變因	應變變因
內容	1. 建築材料:高嶺土、膨潤土 2. 建築形狀:正方形、長方形、圓柱體	1. 土石種類：上游土石 2. 坡度：15 度 3. 水量：20 公升	不同形狀、建材建築，遭受破壞的程度

2. 製作建築：

我們以糯米：石灰：黏土：水=2:1:1:6 的材料比例，製作糯米牆，流程如表 4。

表 4、糯米牆製作流程

(1) 將糯米磨成粉末	(2) 磨成細粉的米倒入熱水中，持續攪拌五分鐘	(3) 準備黏土、石灰與水、加熱完的糯米漿	(4) 準備好的黏土、水、糯米漿混合於模型中，靜置乾燥
---------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------------

● 研究三：以土石流傷害最強及最穩固建築之組合進行實測

我們欲知在傳統的糯米橋材料中，添加額外的黏土，可使建築更穩固。因此加入**高嶺土與膨潤土**，再用研究一測出的最強土石流(30 度、上游土石)沖刷，測其穩固程度，如表 5。

表 5、加入了高嶺土與膨潤土，製成建築，再模擬土石流沖刷建築之實驗流程

(1) 將保利龍坡擺置於魚缸左半部，後鋪上土石	(2) 將塑膠容器裝水至九分滿，架於椅子上	(3) 將建築置於山腳下，比較建築相隔約 10cm	(4) 拍照記錄沖刷後建築樣貌，與原先進行比較
---------------------------	-------------------------	-----------------------------	---------------------------

(三)研究結果：

1. 我們將研究一和研究二的實驗結果分別製作成表格。


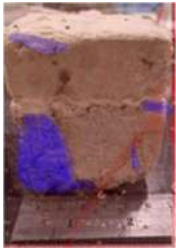
表 6、研究一實驗結果之描述



坡度	1 5°	2 0°	3 0°
下游土石	房屋完整無受損	房屋些微受損	房屋修補處脫落
上游土石	房屋修補處脫落	房屋牆面破裂	房屋碎成粉末狀

2. 我們將研究三的實驗結果製作成表格。

a. 建築單位製成正方體





表 7、成份含高嶺土或膨潤土的正方體建築被破壞體積比較表

黏土種類	實驗前	實驗後	遭破壞體積
含高嶺土			分為上下兩半，下面占 20%，其餘零總約 5%，總共約 25%

含膨潤土			各站上下兩部分之 1/10，共占全部的 1/5，總共為 20%
------	---	---	---------------------------------





b. 建築單位製成長方體

表 8、成份含高嶺土或膨潤土的長方體建築被破壞體積比較表

黏土種類	實驗前	實驗後	遭破壞體積
含高嶺土			每一處約占 2~3%，共占五處，總共約占 12%
含膨潤土			每一處約占 4~5%，共占三處，總共約占 14%

c. 建築單位製成圓柱體

表 9、成份含高嶺土或膨潤土的圓柱體建築被破壞體積比較表

黏土種類	實驗前	實驗後	遭破壞體積
含高嶺土			每處占 2~3%，共兩處，總共約 5%
含膨潤土			每處占 3~7%，共三處，總共約占 12%

伍、 研究分析：

進行實驗遭遇了許多困難，導致實驗進度落後，我們在檢討時就發現建築物是實驗的一大阻礙，我們選用的建築物材料比較少見，建築方法也繁瑣，因此在建造建築物就花掉我們很多的時間，我們整理了幾個在建造糯米屋時遇到的問題及可能的解決方案，如表 10。

表 10、實驗遭遇問題及可能的解決方案

	實驗遭遇問題	可能的解決方案
問題 1	<p>資訊不充足。建築上使用糯米已經是好幾個世紀以前了，那時的資訊難以保存到現在，網路上幾乎沒有製作糯米砂漿的比例，所以我們多次嘗試到找出最佳比例。</p>	<p>因為我們不知道糯米砂漿的比例，因此在查找有無糯米砂漿的相關知識，並找到《農政全書》中有使用糯米建築的紀錄。</p>
問題 2	<p>糯米砂漿的品質會受氣溫影響。因為我們的實驗進行了很長一段時間，我們發現氣溫較高時糯米較容易與水融合，製作出來的糯米砂漿品質較佳，氣溫低則反之。</p>	<p>因為我們是使用酒精燈加熱，火力較小，且易受天氣影響，所以我們想使用火力較強的卡式爐抵抗天氣因素。</p>
問題 3	<p>糯米不是建築材料。查資料時找到古代的糯米建築並不全都糯米做成的，而只是黏著劑，我們卻把糯米用在整個建築，導致建築物脫模後有崩落甚至斷裂的情況。</p>	<p>因脫模時發生斷裂的情況，重作建築也很花時間，所以我們想發揮糯米「真正用途」，調製黏度較高的糯米漿來把斷裂的建築黏合起來。</p>

五、結論與生活應用

(一) 研究結論：

1. 研究一、探討土石流傷害最強之坡度及土石種類：
 - a. 探討土石流傷害最強之坡度及原因：

30°時土石流傷害最強，我們推測原因是坡度較斜，所以土石下落的速度較快，造成的衝擊也就比較大，因此30°時傷害最強。
 - b. 探討土石流傷害最強之土石種類及原因：

上游土石流所造成的傷害最強，我們推測原因是石頭顆粒較大，因此上游土石傷害最強。
2. 研究二、探討能形成穩固建築的黏土材料及建築形狀：

a. 探討能形成穩固建築的黏土材料添加：

依表 7、8、9 的不同黏土種類建築所得出的結果，高嶺土的被破壞程度相對於膨潤土的較為小，除了表 7 的結果是高嶺土大於膨潤土外，其餘皆是高嶺土較牢固、不易破壞。

b. 探討能形成穩固建築的形狀：

經過表 7、8、9 的相互比較，可得出表 9 的被破壞面積是較少的（約只有 10% 左右或以下），由此可知圓柱或許是面對土石流時，較容易且穩固防範的建築形狀。

3. 研究三：以土石流傷害最強及最穩固建築之組合進行實測

由以上研究結果比較，將含上游土石及坡度 30 度的最強土石流與含高嶺土及圓柱形狀的建築物相比，最終得出由含高嶺土的圓柱建築物能抵禦最強土石流。

（二）研究建議：

根據以上實驗結果，我們發現土石流在坡度 30° 且種類為上游土石時，導致的災害會最大；建築在以高嶺土為建材，單位為圓形形狀時，能最有效防災，因此有以下建議：

1. 避免將房屋建造在 20° 以上之山坡。我們的實驗發現，坡度 20° 時房屋就有破碎的可能，30° 時房屋就會有部分碎成粉末狀，因此應避免將房屋建造在 20° 以上之山坡。
2. 在山坡建造房屋時，面對山坡的牆面應加強防護。我們的實驗發現，直接受土石流沖擊的牆面，也就是面對山坡的那面牆，往往都是受損最嚴重的地方，因此在建造房屋時如能加強防護，使該面牆較堅固，土石流發生時就能降低傷害。
3. 房屋之後可以設計得更貼近於現代屋子，而能有效率處理現代土石流災害防治。
4. 建築材料可以更多樣化，找尋最適用於實驗的建材。
5. 藉由研究結果，推論出以高嶺土為建材、圓形為形狀最為有效防災的建築，之後可以圓形作為延伸，找出最適合防土石流災害的圓形直徑及高度。
6. 盼未來追加更多數據，在實驗結果趨於精準後，而讓實驗結果更加實用。

參考資料

- 一、曹鼎志、許文科、賴承農、鄭錦桐、張玉萍、陳振宇、羅文俊（民 109）。土石流風險分析之建構與應用。中興工程季刊。109，41—52。
- 二、林德貴、徐森彥、趙啟宏、溫惠鈺、許世孟、顧承宇、冀樹勇（民 97）。土石流流動模擬技術於災害風險區劃定及災損評估應用之研究。中華水土保持學報。97，391—402。
- 三、王鵬達（民 102）。視建築為一系統：建築設計的整合性策略。國立交通大學建築研究所碩士論文，未出版，新竹市。
- 四、張其樂、趙雅婷、賴姿婷（民 99）。老祖宗的智慧結晶—糯米橋之研究。國立員林農工。