

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳(鄉土)教材獎

081556

艾莉的禮物

新竹縣尖石鄉石磊國民小學

作者姓名：

小六 江文恩 小六 黃正良 小六 田慈萱
小五 賴中平 小五 陳世全 小五 江綺梅

指導老師：

李永欽 蘇婷玉

中華民國第 四十五 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：自然科

組 別：國小組

作品名稱：艾莉的禮物

關 鍵 詞：土石流失、邊坡防護

編 號：

目錄

摘要.....	1
壹、 研究動機.....	2
貳、 研究目的.....	2
參、 文獻探討.....	4
肆、 研究設備及器材.....	6
伍、 研究過程與方法.....	9
陸、 研究結果.....	17
柒、 討論.....	20
捌、 結論.....	27
玖、 參考資料及其他.....	28
備註.....	28

摘要

「Luhiy」在泰雅語中，代表著是土石流的意思。風災過後，我們常聚在一起討論部落裡那一區的垮路最厲害，大家討論的十分熱絡。於是，我們相約對此議題有興趣的其他夥伴，組成了一個土石流同好團體，展開了這一次的土石流成因探討的研究行動。

由於學校附近大部份的土石流，可區分為二種，一種為黑色土石土壤，另一種為黃色土石土壤，所以我們的研究決定以這二種土壤為主要的研究對象，並且在災害地點取樣。而會造成山崩及土石流的原因，可能是坡度、雨量、浸水時間、粒徑排例等因素所造成的，根據這些因素進行實驗，找出要如何利用有效的護坡方法加強護坡，減低土石流失對家園及大自然造成的損失。

我們的研究結果顯示：(1) 坡度在 35 度時土壤流失有臨界點，大於 35 度土石流失會顯著的增加，小於 35 度土石流失會較緩和。(2) 降雨的情形造成土壤流失，會隨不同土壤表現出不同反應，這跟土壤比重及液性限度有關，黃土、黑土其臨界含水量 $w = 28\% \div$ 液性限度 31%(相當於臨界降雨密度為 50 mm/hr)。(3) 土壤流失率並不會隨浸水時間的增加而增加。(4) 土壤分層與土石流失有密切的關係。(5) 傳統的泰雅族護坡方法，的確有良好的護坡功效，尤其是在高坡角；「竹枝+格網法」為最理想的護坡方法。

最後發現，土壤流失的臨界坡度，約為 35 度角。若邊坡土層 2 公尺(m)厚，連續下雨(土壤持續浸水)的時間達 400 分鐘($20 \times 20 = 400 \text{min} = 6.7 \text{hr}$)，則會有嚴重土石流動情形。竹枝交插法+格網植被法為最佳邊坡防護方法；或者當坡度 < 40 度時，使用格網植被法；當坡度 > 40 度時，採用竹枝交插法，均是較有效邊坡防護對策。

壹、研究動機

「Luhiy」在泰雅語中，代表著是土石流的意思。風災過後，我們常聚在一起討論部落裡那一區的垮路最厲害，大家討論的十分熱絡，小組成員中有人提出問題，到底「Luhiy」時，是大石頭先下來，還是小石頭先下來。其中一人說：『問一問大自然好了』。另一人則提出他的意見：『可以去問「yaki」，因為她家旁邊就有一個「Luhiy」，發生時，她一定很清楚。』於是，我們相約對此議題有興趣的其他夥伴，組成了一個土石流同好團體，一起去訪問「yaki」，展開了這一次的土石流成因探討的研究行動。

貳、研究目的

在研究土石流形成的過程，因為會隨著當時的雨量、土壤的成分、山坡度的大小、下雨時間的長短等因素，可以作為研究土石流形成及嚴重程度的影響，所以有了以下的研究探討目的：

- 一、訪問地方耆老，當日土石流發生之前的徵兆，當時天氣狀況。
- 二、試驗黑土與黃土在不同坡度時，土壤流失的程度，找出最大臨界坡度。
- 三、實驗紀錄雨量多寡對土壤流失的關係。
- 四、最大雨量與土壤浸泡時間長短的關係，對土石流動的影響。
- 五、不同的土壤粒徑排列方式，與土石流失量的關係。
- 六、試驗傳統的護坡方法格網植被法、竹枝交插法、塊石鋪疊法對土石流防範，找出最有效之方法。

本研究的架構，如圖 2.1 所示。

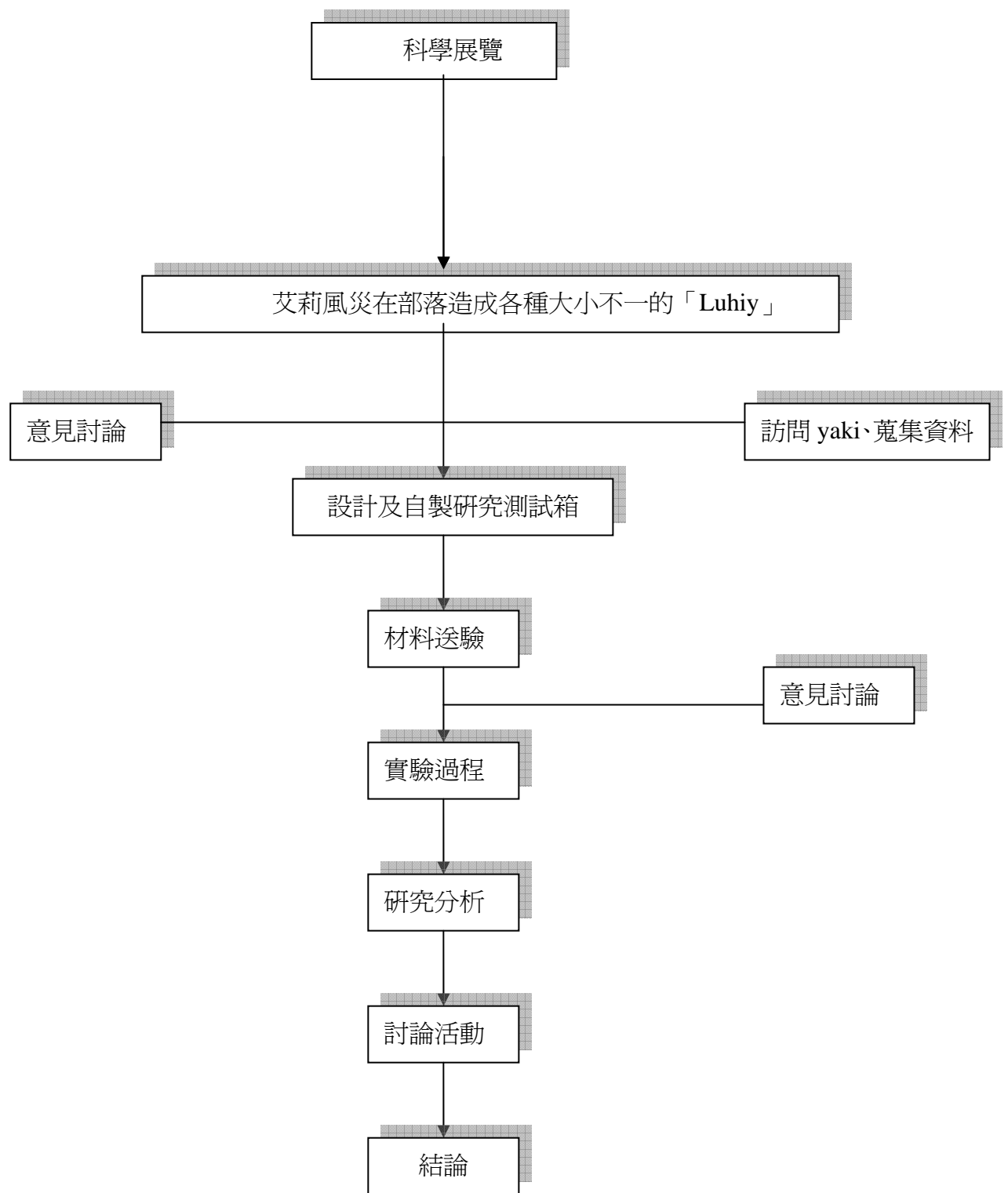


圖 2.1 研究流程架構

參、文獻探討

一、土石流

土石流係指泥、砂、礫及巨石等物質與水之混合物受重力作用後所產生之流動體，在重力的作用上，沿坡面或溝渠由高處往低處流動之自然現象，在台灣，土石流大多在豪雨期間發生在山坡地或山谷之中，其主要特徵為流速快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。

二、土石流發生的基本條件

充足的水：一般情形累積雨量 150mm 以上或降雨強度 40mm/hr 以上。

足夠的堆積物：邊坡裸露、破碎、岩屑堆積等豐富而鬆散的土石。

有效的溪床坡度：一般情形發生區通常坡度 15°~30°
(輸送區通常坡度 10°~20°,堆積區通常坡度 2°~10°)

三、土石流發生對環境的影響

土石流流動區域內，河床被刮深，兩岸邊坡的植被和土石也被沖刷帶走。溪谷出口處常是土石流堆積的區域，往往淤埋房舍，造成重大傷亡。人們在山坡地居住應了解各種地質作用與可能發生的災害，慎選居住地點。

四、土石流的危害表現

土石流泥位陡漲暴落且來勢兇猛，其運動有明顯的直進性，預到障礙物或通過彎道不易繞流或變向，而產生猛烈的沖擊作用或爬高現象，因此常常沖毀或掩埋各種設施，造成嚴重人員傷亡及財物損失。常見的土石流危害方式有：淤埋、沖刷、撞擊、磨蝕、堵塞、漫流改道、彎道超高、擠壓主河道等

五、邊坡防護方法

今日主要邊坡防護方法可分為人工邊坡保護工程與植生。人工邊坡保護的概念認為，地層滑動以及土石流的主兇就是水。若岩層被砍去坡腳，再加上雨水的潤滑，岩層就可能滑動。所以，為了減低地層滑動或土石流的發生次數，隔絕水進入岩層成了保護邊坡的主要手段，隔絕進水的最好方法是以混凝土完全覆蓋坡面。相對於人工邊坡保護，主張植生的人認為一

味的阻止水進入岩層並不是解決問題的辦法，此概念是以控制水進入岩層的流量為主。植物的根可以抓住土壤，使之不易滑動。植物的根也可以減緩水份滲入岩層的速度，使水分不能夠輕易的通過土壤、帶走泥沙，土石流發生的機會就會相對減少。

肆、研究設備及器材

一、研究設備：

表 4.1 研究設備

編號	設備名稱	數量	單位	備註
1	磅秤	1	台	圖 4.1
2	烘箱	1	台	圖 4.2
3	水桶	1	個	圖 4.3
4	小鏟子	1	支	圖 4.7
5	小刷子	1	支	圖 4.7
6	鉛球	1	顆	圖 4.7
7	卷尺	4	個	圖 4.7
8	投影片	1	組	圖 4.7
9	美工刀	1	支	圖 4.7
10	剪刀	1	支	圖 4.7
11	填縫劑 silicone	1	組	圖 4.7
12	沙網	1	組	圖 4.7
13	有洞瀘桶	1	個	圖 4.4
14	大型量角器	1	個	
15	竹段(長 20cm)	30	支	圖 4.5
16	格網(長 7cm、寬 2cm)	1	組	圖 4.6
17	數位照相機	1	台	



圖 4.1 磅秤



圖 4.2 烘箱



圖 4.3 水桶



圖 4.4 有洞濾桶



圖 4.5 竹段(長 20cm)



圖 4.6 格網(長 7cm、寬 2cm)



圖 4.7 各式用具

二、研究材料：

表 4.2 研究材料

編號	材料名稱	數量	單位	備註
1	黑色現地土壤	2	桶	圖 4.8
2	黃色現地土壤	2	桶	圖 4.9
3	大石頭	1	桶	圖 4.10



圖 4.8 黑色現地土壤



圖 4.9 黃色現地土壤



圖 4.10 大石頭

伍、研究過程與方法

一、設計研究測試箱：

(一)設計：

爲了模擬實際邊坡的情況，我們與老師共同設計了一個長 35cm、寬 30cm、高 30cm 木製空箱，它包含了四面牆板、底板、大底板及大型量角器，其中一個正面牆板，是可以活動組合的，以方便試驗的進行。在空箱的內側，貼上 0.05cm 厚的投影片做爲防水之用，一方面可以阻止漏水情況發生，另一方面又可以減少土石對牆板的摩擦力，來增加試驗的準確度。

實際的設計圖，如圖 5.1 所示。

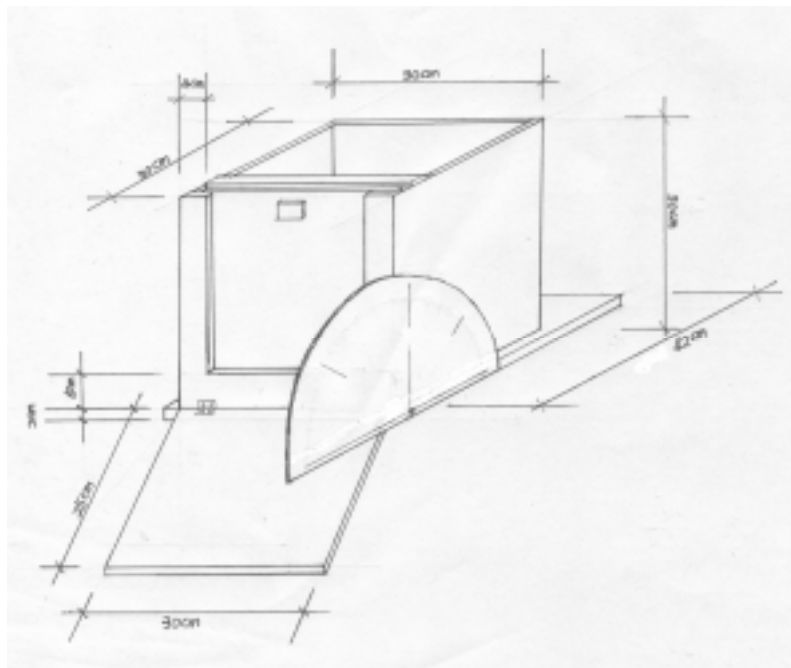


圖 5.1 預定完成的立體測試箱設計圖

(二)組裝：

材料由老師購買，裁切及組裝由我們來幫忙，老師一步步的指導我們應該注意及小心的地方，最後終於完了試驗箱的製作。試驗箱製作方法如下：

1.裁切：

(1)四面牆板：切割二塊邊長 35cm 寬 30cm 及二塊長 30cm 寬 30cm 的 2cm 厚的板子。

(2)底板：切割一塊長 35cm 寬 30cm 厚 0.4cm 的木板。

(3)大底板：切割一塊長 42cm 寬 34cm 厚 2cm 的木板。

(4)滑道：切割一塊長 330cm 寬 35cm 厚 2cm 的木板。

3.利用銅釘及快乾膠，裝訂四牆面木板及二根支承樑，在接縫處以填縫劑 silicone 密封。

4.四面牆及地板貼上厚 0.05cm 的防水模。

5.四面牆、底板、大地板、滑道及量角器的組合。

組裝的情況及完成情形，如圖 5.2、5.3、5.4、5.5 所示。



圖 5.2 防水模的修裁



圖 5.3 牆面塗抹 SILICONE 粘膠情形



圖 5.4 牆面粘貼防水模的情況



圖 5.5 整體設置完成

二、正式試驗：

(一) 材料送驗：

本次艾莉颱風(2004年8月24日)對我們學校及尖石鄉，造成近五十年來最大的災害，包含多處的坍方及土石流，學校也因此被迫下山與竹中國小併班上課。

災後復校後才發現，大部份的土石流，可區分為二種，一種為黑色土石土壤，另一種為黃色土石土壤，所以我們的研究決定以這二種土壤為主要的研究對象，並且在災害地點取樣，取樣情形如圖 5.6、5.7 所示。有了土樣但是在災區的地質及邊坡土壤詳細資料，可說是沒有人做過，加上我們學校沒有大學精密儀器，所以我們決定把試驗材料送中原大學土木系大地實驗室，做基本的土壤物理性質實驗。



圖 5.6 黑色現地土樣取樣地點



圖 5.7 黃色現地土樣取樣地點

(二) 主要的研究

會造成山崩及土石流的原因，可能是坡度、雨量、浸水時間、粒徑排列等因素所造成的，又要如何利用有效的護坡方法加強護坡。所以我們設計了以下的研究方法，試驗規畫如表 5.1，研究流程如圖 5.8 所示：

【實驗一】觀察不同坡度，是否會影響土石流失量？---坡度因素試驗(A 試驗)

(1) 土壤準備：

1. 利用烘箱將土樣烘乾。
2. 將 15kg 重的各種土樣，分別倒入測試箱內。
3. 利用鉛球以 15cm 的落距夯實土樣，模擬現地情況。

(2)坡度控制：利用手把及頂物，將坡度控制在 0、10、20、30、40、50、60、70 度。

(3)開啓閘門，測量土石流失量。

(4)比較不同坡度，與流失土壤的關係，並求出臨界坡度。

【實驗二】雨量的多寡，是否會影響土石流失量？--雨量因素試驗(B 試驗)：

(1)土壤準備：

1.利用烘箱將土樣烘乾。

2.將 15kg 重的各種土樣，分別倒入測試箱內。

3.利用鉛球以 15cm 的落距夯實土樣，模擬現地情況。

(2)坡度控制：將坡度控制在臨界坡度 35 度。

(3)選用 50mm/hr、100mm/hr 及 150mm/hr 的降雨密度，模擬下雨的情形。

(3)開啓閘門，測量土石流失量。

【實驗三】土壤的浸水時間的多寡，是否會影響土石流失量？--浸水時間因素試驗(C 試驗)：

(1)土壤準備：

1.利用烘箱將黑色土樣烘乾。

2.將 15kg 重的各種土樣，分別倒入測試箱內。

3.利用鉛球以 15cm 的落距夯實土樣，模擬現地情況。

(2)坡度控制：將坡度控制在臨界坡度 35 度。

(3)選用 50mm/hr 的降雨密度，模擬下雨的情形。

(4)測量時間為下雨後，10 分鐘、20 分鐘、1 小時、20 小時。

【實驗四】不同的土壤粒徑排列方式，是否會影響土石流失量？--粒徑排例因素試驗(D 試驗)：

(1)將黑色現地土樣，利用 0.8cm 及 0.1cm 的篩網，區分為大、中、小的土石。

- (2)取大、中、小粒徑土石各 5kg，分層加入測箱中。
- (3)坡度控制：將坡度控制在臨界坡度 35 度。
- (4)開啓閘門，測量土石流失量。
- (5)比較不同的土壤粒徑排列方式，與流失土壤的關係。

(三)找出對策

由探訪鄉間耆老，了解到以我們祖先(泰雅族)的傳統護坡方式，可分為竹枝交插法及塊石鋪疊法，這二種方法可說是祖先的智慧結晶，所以我們就以這二種方法為研究主題，外加現在最流行的生態工法---格網植被法，看看它們的功效如何？

【實驗五】傳統泰雅護坡方法(「竹枝交插法」、「塊石鋪疊法」)及現代的「格網植被法」，是否會影響土石流失量？--粒徑排列因素試驗(E 試驗)：

(1)土壤準備：

- 1.利用烘箱將黑色土樣烘乾。
- 2.將 15kg 重的各種土樣，分別倒入測試箱內。
- 3.利用鉛球以 15cm 的落距夯實土樣，模擬現地情況。

(2)坡度控制：將坡度控制在臨界坡度 35 度及 45 度。

(3) *竹枝交插法---利用 20cm 長竹枝，分四排交叉排列，每排六支。

*塊石鋪疊法---利用塊石平均鋪疊於表土。

*格網植被法---利用格網模擬植物網狀物，平放於表土層。

(4)開啓閘門，測量土石流失量。

(5)比較不同的護坡方法，與流失土壤的關係。

表 5.1 試驗規畫一覽表

項目	試驗料材	研究編號	操作變因	控制變因
【實驗一】坡度因素試驗(A 試驗)				
	黑色土壤	A1	不同的坡度	相同的試驗環境
	黃色土壤	A2		
【實驗二】雨量因素試驗(B 試驗)				
	黑色土壤	B1	不同的降量密度	相同的試驗環境
	黃色土壤	B2		
【實驗三】浸水時間因素試驗(C 試驗)				
	黑色土壤	C1	不同的浸水時間	相同的試驗環境
【實驗四】粒徑排列因素試驗(D 試驗)				
	黑色土壤	D1	不同的粒徑排列	相同的試驗環境
【實驗五】護坡方法試驗(E 試驗)				
	黑色土壤	E1	不同的護坡方法	相同的試驗環境

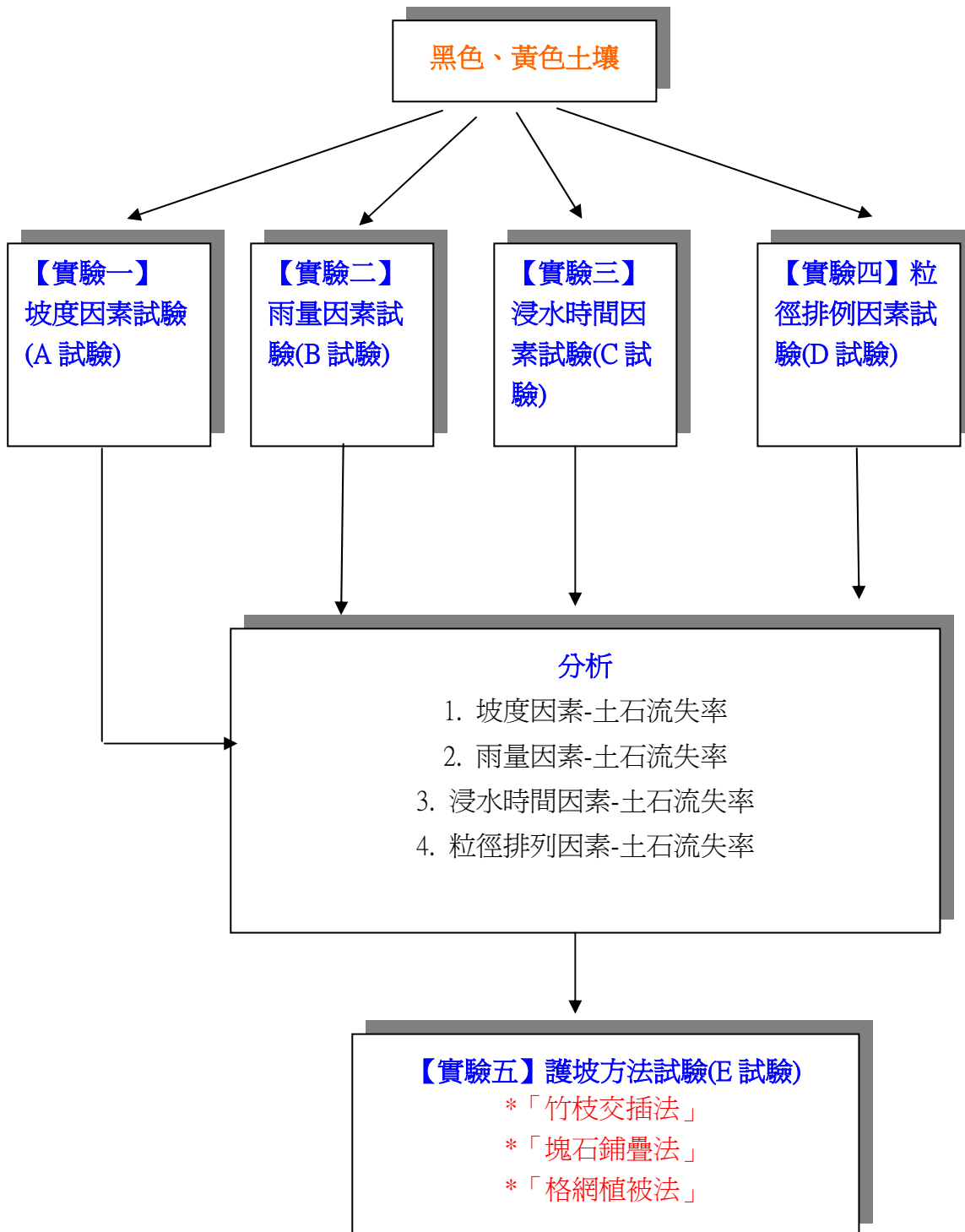


圖 5.8 研究流程



圖 5.10 進行雨量因素試驗的情形



圖 5.11 進行竹枝交插法測試情形



圖 5.12 進行塊石鋪疊法測試情形



圖 5.13 進行格網+竹枝交插法測試情形

陸、研究結果

一、材料送驗：

根據送驗的石磊艾莉風災土樣結果報告，請教老師及中原大學研究的大哥哥們，得到了一些資訊，黑色現地土樣與黃色現地土樣，物理性質是接近的，例如粒徑分佈，不同的地方是黃土樣的比重 2.531 較少、含水量 10.1%較多、它的液性限度是 31.21%；而黑土樣比重 2.769 較高、含水量 4.9%較少、但它的砂質含量過高，液性限度測不出。送驗報告結果如表 6.1 及圖 6.1 所示：

表 6.1 新竹縣尖石鄉玉峰村石磊艾莉風災災區土樣送驗結果報告

土樣	黑色土樣	黃色土樣
含水量 $w = \frac{W_w}{W_s} (\%)$	4.9%	10.1%
比 重	2.769	2.531
液 性 限 度	---	31.21%
塑 性 限 度	---	10.95%

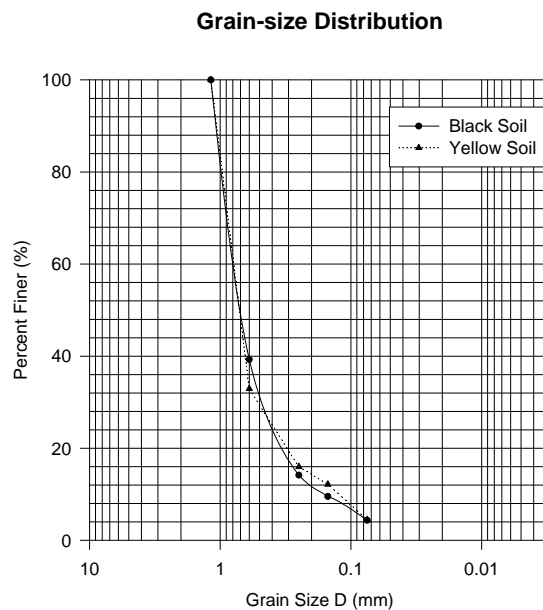


圖 6.1 新竹縣尖石鄉玉峰村石磊艾莉風災災區土樣粒徑分佈送驗結果報告

二、主要研究：

我們利用二種不同的現地土樣配合不同的坡度、雨量、浸水時間、粒徑排列等因素，來研究山崩及土石流的成因，共進行了 41 組的實驗。試驗結果如表 6.2 所示。

表 6.2 實驗結果

【實驗一】坡度因素試驗(A 試驗)										
試驗編號	試驗材料		坡度(度)							
			0	10	20	30	40	50	60	70
A1	黑色土壤	土石流量(kg)	0.01	0.1	0.2	0.5	3.5	11.0	12.9	13.3
		土石流失率(%)	0.06	0.7	1.3	3.3	23.3	73.3	86	88.7
A2	黃色土壤	土石流量(kg)	0.3	0.4	0.9	2	3.7	10.4	13.4	14.1
		土石流失率(%)	2	2.7	6	13.3	24.7	69.3	89.3	94
【實驗二】雨量因素試驗(B 試驗)										
試驗編號	試驗材料		降雨密度(mm/hr)							
			0	50	100	150				
B1	黑色土壤	土石流量(kg)	1.4	0.7	2.3	4.5				
		土石流失率(%)	9.3	4.7	15.3	30				
B2	黃色土壤	土石流量(kg)	2.33	4.6	4.8	5.2				
		土石流失率(%)	15.5	26.7	32	35				
【實驗三】浸水時間因素試驗(C 試驗)										
試驗編號	試驗材料		浸水時間(分鐘)							
			5	10	20	120	1200			
C1	黑色土壤	土石流量(kg)	0.4	0.7	0.8	0.6	0.5			
	黑色土壤	土石流失率(%)	2.6	4.7	5.3	4	3.3			
【實驗四】粒徑排列因素試驗(D 試驗)										
試驗編號	試驗材料		粒徑排列							
			下層	中層	上層	全部				
D1-1	黑色土壤		大粒徑	中粒徑	小粒徑					
		土石流量(kg)	0	1.3	3.4	4.7				
		土石流失率(%)	0	28	72	31.3				
D1-2	黑色土壤		大粒徑	小粒徑	中粒徑					
		土石流量(kg)	0.03	1	4.2	5.23				
		土石流失率(%)	1	19	80	34.9				
D1-3	黑色土壤		中粒徑	大粒徑	小粒徑					
		土石流量(kg)	0.4	1.9	3.2	5.5				

		土石流失率(%)	7	35	58	36.7
D1-4	黑色土壤		中粒徑	小粒徑	大粒徑	
		土石流量(kg)	0.2	1	3.7	4.9
		土石流失率(%)	4	20	76	32.7
D1-5	黑色土壤		小粒徑	大粒徑	中粒徑	
		土石流量(kg)	0.5	0.8	3.2	4.5
		土石流失率(%)	11	18	71	30
D1-6	黑色土壤		小粒徑	中粒徑	大粒徑	
		土石流量(kg)	0.2	2.3	4.9	7.4
		土石流失率(%)	3	31	66	49.3
D1-7	黑色土壤		混合	混合	混合	
		土石流量(kg)	0.8	0.7	0.9	2.4
		土石流失率(%)	33	29	38	16

【實驗五】護坡方法試驗(E 試驗)

試驗 編號	護坡方法		坡度(度)	
			35	45
E1	無	土石流量 (kg)	4.7	8.2
		土石流失 率(%)	31.3	54.7
E1-1	格網植被 法	土石流量 (kg)	2.7	7.37
		土石流失 率(%)	18	49.1
E1-2	竹枝交插 法	土石流量 (kg)	3.4	6.6
		土石流失 率(%)	22.7	44
E1-3	塊石鋪疊 法	土石流量 (kg)	4.6	8.1
		土石流失 率(%)	30.7	54
E1-4	竹枝+格 網法	土石流量 (kg)	2.1	4.2
		土石流失 率(%)	14	28

柒、討論

【實驗一】觀察不同坡度，是否會影響土石流失量？--坡度因素試驗(A 試驗)

<方法>量測二種土壤不同坡度，所呈現出的土石流失率，整理成表 6.2，並繪製出土石流失率-坡度曲線圖，如圖 7.1 所示。

<結果>

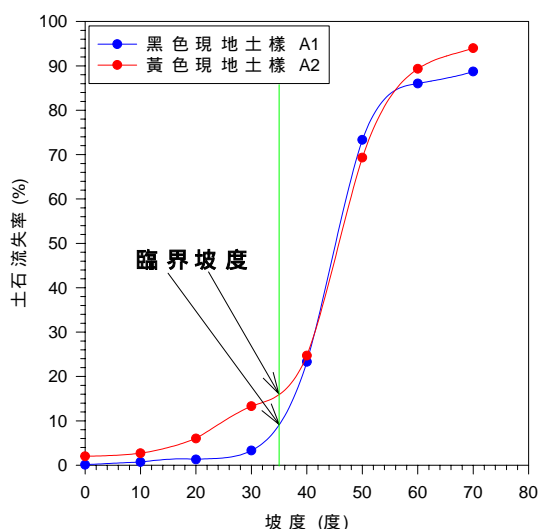


圖 7.1 石流失率-坡度之關係圖

1. 黑色與黃色土壤，隨坡度增加所造成的土壤流失率走勢大致相同。
2. 黑色土壤的流失率較黃色土壤少。
3. 坡度在 30~40 度時，二種土壤流失率有明顯的增加。
4. 坡度在 45 度時，土壤會流失一半重量。

<發現>

1. 坡度在 35 度時土壤流失有臨界點，大於 35 度土石流失會顯著的增加，小於 35 度土石流失會較緩和。
2. 定 35 度坡度角為本實驗臨界坡度。

【實驗二】雨量的多寡，是否會影響土石流失量？--雨量因素試驗(B 試驗)：

<方法>固定坡度為【實驗一】結果的臨界坡度 35 度，改變降雨密度，將土石流失量整理成表 6.2，並繪製出土石流失率-降雨密度曲線圖如圖 7.2 所示。

<結果>

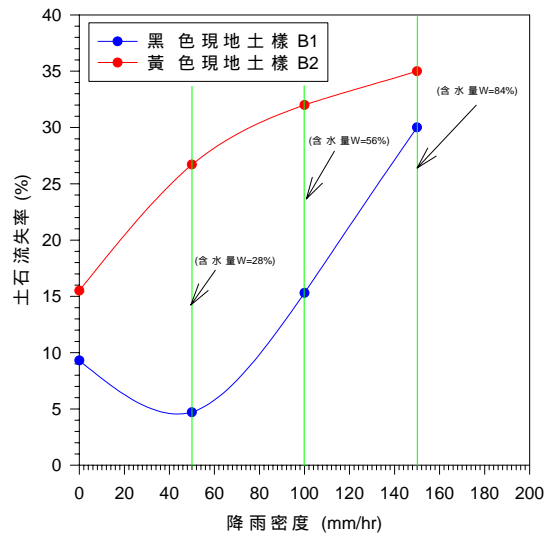


圖 7.2 土石流失率-降雨密度之關係圖

1. 黑色與黃色土壤，隨雨量增加所造成的土壤流失率走勢是不相同的，黃色土壤流失率較黑色土壤流失多。
2. 黃色土壤流失曲線走勢呈拋物線狀態，土壤流失會隨降雨增加而增加，它的變化點為降雨密度 50mm/hr(含水量 $w=28\%$)。
3. 黑色土壤流失曲線走勢呈 U 字型狀態，降雨密度小於 50mm/hr(含水量 $w=28\%$)之前，土壤流失反而減少；大於 50mm/hr(含水量 $w=28\%$)土壤流失會急速上升。

<發現>

1. 降雨的情形造成土壤流失，會隨不同土壤表現出不同反應，這跟土壤比重及液性限度有關，當降雨使得土壤含水量達到液性限度($w=31.21\%$)以上可能會發生土石流。
2. 黃土、黑土其臨界降雨密度 50 mm/hr (相當於 $w=28\% \approx$ 液性限度 31%)。
3. 含水量小於 100%之前，比重較重的土壤流失較比重輕的少，含水量大於 100%之後，比重的影響會變小，也就是說當含水量大於 100%之後會發生嚴重的輕質拌隨重質的土石流，預估土壤達含水量 100%的降雨密度為 180mm/hr。

【實驗三】土壤的浸水時間的多寡，是否會影響土石流失量？--浸水時間因素試驗(C 試驗)：

<方法>固定坡度為【實驗一】結果的臨界坡度 35 度，改變浸水時間，將土石流失量整理成表 6.2，並繪製出土石流失率-浸水時間曲線圖如圖 7.3 所示。

<結果>

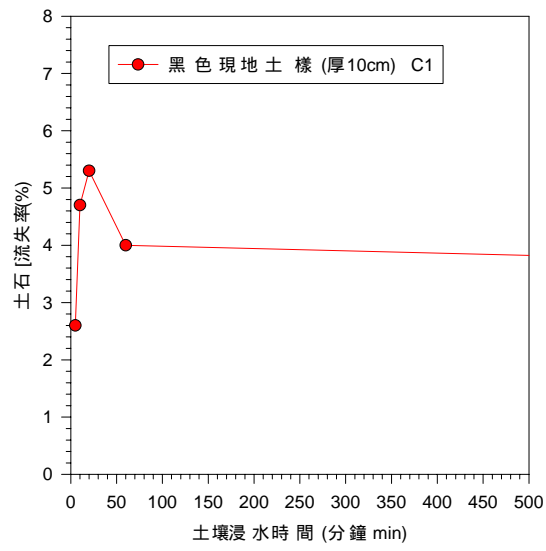


圖 7.3 土石流失率-浸水時間之關係圖

1. 10 公分(cm)厚的土壤中，土壤浸水時間在 20 分鐘時，會有最大的土壤流失率約 5.3%。
2. 浸水時間超過 20 分鐘，土壤流失率反而會呈趨緩現象，至 20 小時後的土壤流失率反而減少了 2%。

<發現>

1. 土壤流失率並不會隨浸水時間的增加而增加。
2. 10cm 厚的土層下，浸水 20 分鐘有最大土壤流失率。
3. 推論：邊坡土層 2 公尺(m)厚，若連續下雨(土壤持續浸水)的時間達 400 分鐘 (20*20=400min=6.7hr)，則會有嚴重土石流動情形。

【實驗四】不同的土壤粒徑排列方式，是否會影響土石流失量？--粒徑排列因素試驗(D 試驗)：

<方法>固定坡度為【實驗一】結果的臨界坡度 35 度，改變土壤粒徑排列方式，將土石流失量整理成表 6.2，並繪製出土石流失率-土壤分層排列曲線圖及直方圖如表 7.1 及圖 7.4、7.5 所示。

<結果>

表 7.1 粒徑排列因素試驗(D 試驗)平均土石流失率表

【實驗一】粒徑排列因素試驗(D 試驗)						
試驗編號	試驗材料			粒徑排列		
				下層	中層	上層
E	黑土樣	平均土石流失率(%)	大粒徑	0.5	18	86
		平均土石流失率(%)	中粒徑	6	36	74
		平均土石流失率(%)	小粒徑	7	20	66

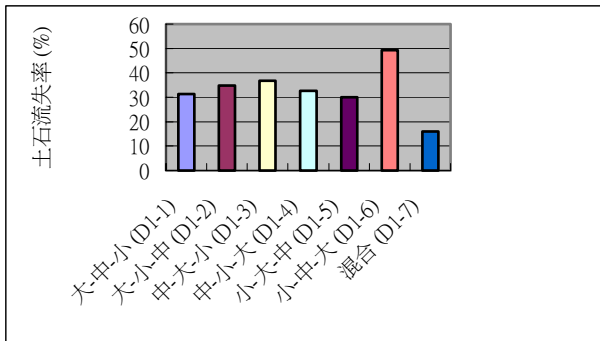


圖 7.4 土石流失率-土壤分層排列之直方圖

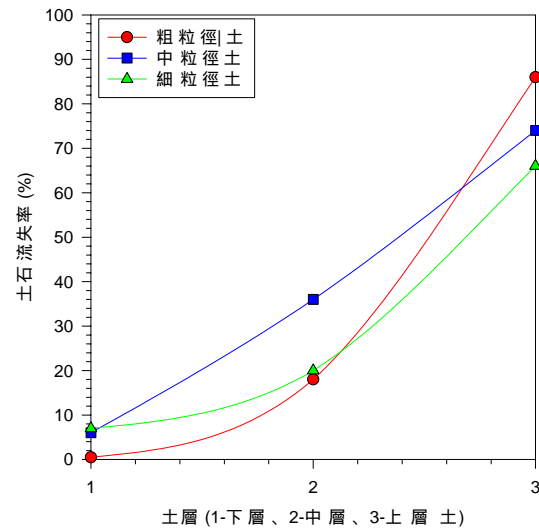


圖 7.5 土石流失率-土壤分層排列之關係圖

1. 當底層同為大顆粒時，依(下-中-上層)排列的(大-中-小粒徑)土壤分層，比(大-小-中粒徑)土壤分層的流失量少。
2. 當底層同為中顆粒時，依(下-中-上層)排列的(中-小-大粒徑)土壤分層，比(中-大-小粒徑)土壤分層的流失量少。
3. 當底層同為小顆粒時，依(下-中-上層)排列的(小-大-中粒徑)土壤分層，比(小-中-大粒徑)土壤分層的流失量少。

<發現>

1. 土壤分層與土石流失有密切的關係。
2. 土壤流失率由大到小排列為「小-中-大」>「中-大-小」>「大-小-中」>「中小-大」>「大-中-小」>「小-大-中」>「混合」。
3. 土壤流失率最多的是「小-中-大」排列約 49.3%，最少的是「混合」約 16%。
4. 就整體來看顆粒大小完全混合時，土壤流失會最少也最安全；就土壤分層來看，底層為粗顆粒，中層為粗或細顆粒，上層為細顆粒排列，土壤流失率會最少，也最安全。

【實驗五】傳統泰雅護坡方法(「竹枝交插法」、「塊石鋪疊法」)及現代的「格網植被法」，是否會影響土石流失量？--粒徑排列因素試驗(E 試驗)：

<方法>固定坡度為 35 度及 45 度，改變護坡方法，將土石流失量整理成表 6.2，並繪製出土石流失率-不同護坡方法曲線圖及直方圖如圖 7.6、7.7、7.8、7.9 所示。

<結果>

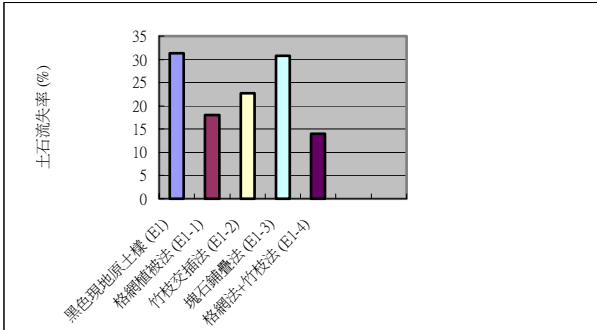


圖 7.6 坡度 35 度時，土石流失率-不同護坡方法之直方圖

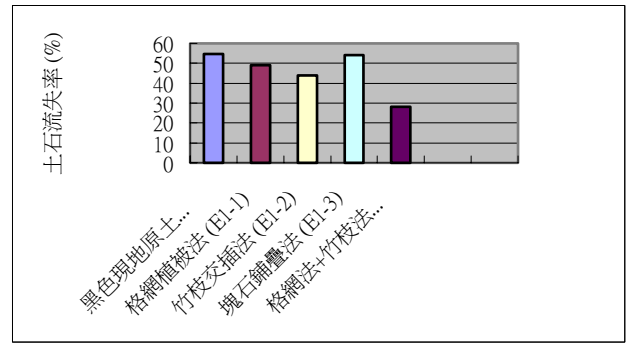


圖 7.7 坡度 45 度時，土石流失率-不同護坡方法之直方圖

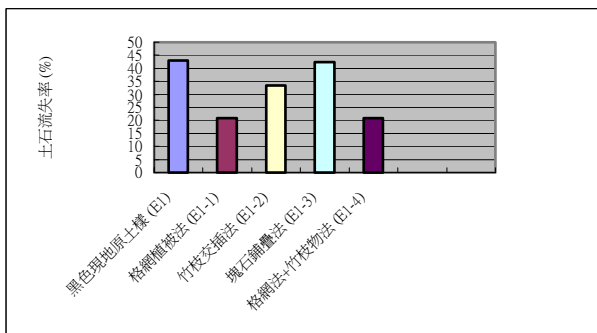


圖 7.8 平均坡度，土石流失率-不同護坡方法之直方圖

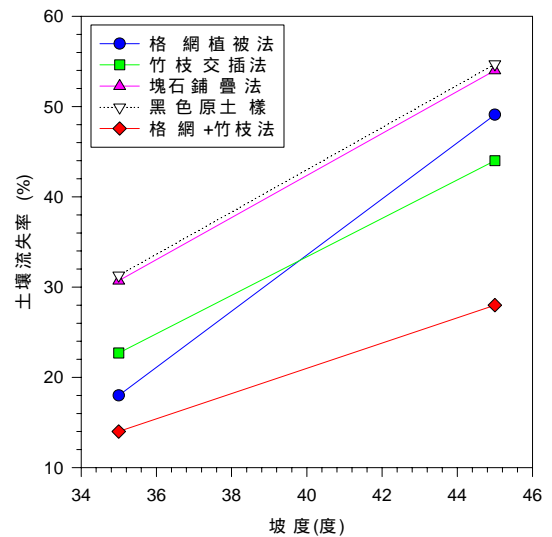


圖 7.9 土石流失率-不同護坡方法之關係圖

1. 坡度為 35 度時，土壤流失率由少到多排名為「竹枝+格網法」>「格網植被法」>「竹枝交插法」>「塊石鋪疊法」。
2. 坡度為 45 度時，土壤流失率由少到多排名為「竹枝+格網法」>「竹枝交插法」>「格網植被法」>「塊石鋪疊法」。
3. 平均來看，土壤流失率由少到多排名為「竹枝+格網法」>「格網植被法」>「竹枝交插法」>「塊石鋪疊法」。

<發現>

1. 傳統的泰雅族護坡方法，的確有良好的護坡功效，尤其是在高坡角。
2. 「竹枝+格網法」為最理想的護坡方法。
3. 坡度<40度時，採用「格網植被法」土壤流失率會較少，安全性會提高。
4. 坡度>40度時，採用「竹枝交插法」土壤流失率會較少，安全性會提高。
5. 這三種護坡方法的防護成效「竹枝+格網法」>「格網植被法」>「竹枝交插法」>「塊石鋪疊法」。

捌、結論

- 一、土壤流失的臨界坡度，約為 35 度角。
- 二、所有土壤含水必有極限，超過此限度可能造成土壤大量流失。黃土、黑土其臨界含水量 $w=28\%$ \approx 液性限度 31% (相當於臨界降雨密度為 50 mm/hr)，當土壤含水量大於 100% 之後會發生嚴重的輕質拌隨重質的土石流。
- 三、土壤流失程度，並不會隨著雨水浸泡時間的增加而增加。
- 四、邊坡土層 2 公尺 (m) 厚，若連續下雨 (土壤持續浸水) 的時間達 400 分鐘 ($20 \times 20 = 400 \text{min} = 6.7 \text{hr}$)，則會有嚴重土石流動情形。
- 五、全部土壤粒徑大小混合時，安全性最佳。
- 六、竹枝交插法 + 格網植被法為最佳邊坡防護方法。或者當坡度 < 40 度時，使用格網植被法；當坡度 > 40 度時，採用竹枝交插法，均是較有效邊坡防護對策。

玖、參考資料及其他

一、土石流

<http://www.swcb.gov.tw/Newpage/swcb03/>

二、邊坡防護方法

<http://www.ttsh.tp.edu.tw/~a001/science/8839/yc.pdf> - 94k

三、土石流的危害表現

<http://www.cv.ncu.edu.tw/disaster/naturalcalamity/Stone/index.htm>

四、交通部台灣區國道新建工程局－邊坡保護措施簡介。

五、陳宏宇，1997，地質災害的衝擊。水與土通訊，33，9-16。

六、地方耆老訪談逐字稿

七、多奧、尤給海，阿棟、尤帕斯，1991，泰爾雅讀語本 「Luhiy」土石流 「yaki」祖母、外婆

備註

一、本次土石流失與邊坡防護方法的研究中，由於現地土壤粒徑不同，使得每次取樣試驗粒徑比例會有一樣變化，會使實驗研究中有少許的差距，所以會產生一些誤差值。

二、本件作品是屬於科學實驗製作方法類。

地方耆老訪問逐字稿

壹、訪問對象：曾寶桂女士

貳、訪問地點：石磊教會

參、訪問內容

一、問題：土石流發生前，當地天氣狀況如何？

回答：8/24 發布颱風警報前，山上就已經持續性的下雨，雨勢雖然不大，但是時間很長。而正式發布陸上及海上颱風警報時，雨勢變的很大，就開始連續下了 三天的雨。

二、問題：土石流發生的時間及事前是否聽到哪些徵兆或聲音？

回答：是在颱風當天的晚上一點多的時候，已經睡著了但一直有聲音「ㄇㄨㄥ、ㄇㄨㄥ、ㄇㄨㄥ」所以就被吵醒，雨持續的在下，突然聽到風聲變的很大，也聽到一些「ㄅㄨㄥ、ㄅㄨㄥ、ㄅㄨㄥ、ㄅㄨㄥ、ㄅㄨㄥ、ㄅㄨㄥ」的怪聲音，從窗戶看過去，就發現房子旁的土石開始鬆動，坡地上的學校水塔，也因為裝滿水量，土壤流動之後，水塔也跟著流動滾落至學校操場，泥巴全部掉落在教會前的空地。一些爛泥巴也從窗戶流進來廚房內，我跟兒子及媳婦試著利用木板將土石擋在外面，不要讓泥巴一直再進來。等到天氣較穩定了，教會的信徒便一起來整理教會，順便幫忙整理家裡。

三、問題：在這次風災之前，是否曾經聽過長輩在地方上曾有這類似的狀況發生？

回答：記得曾在小時候有發生一次「葛樂禮」颱風，當時也造成跟這次很像的狀況，也讓路變壞了，大家就是用竹子搭成便橋，暫時通行。距離現在大約有 50 年吧！老年人就曾說過大約 50 年就會發生一次大災難，不過這次比較嚴重，應該是土地「變老了」，發生地震讓土變鬆了，所以一下大雨，就會發生這樣的土石流。

四、問題：風災發生除了造成路況上的交通不便，對於生活在山上的原住民有哪些影響？

回答：颱風過後的一兩個月，大家幾乎都沒有收入來源，下山找工作又不方便。最嚴重水蜜桃及蔬菜的收成因為颱風造成土壤流失，果樹也隨之流掉。鱒魚的養殖也因為下雨造成水源渾濁，魚的呼吸造成困難也死掉一堆。而經營的石磊民宿，也因為路況變差，遊客無法上山，幾乎都沒人上來遊玩。

五、問題：對於「遷村」事情，有什麼看法？

回答：我們年紀大了，遷到山下去又找不到工作，年輕人跟小孩搬下山去就好，我們留在山上就可以了。況且搬到一個地方去，我們算是外來的，如果跟原本居住在當地的人發

生不合吵架，也是麻煩。而且大家的家都在這邊，如果要搬，家裡全部都要搬動，重新開始，大家意願不高，寧願留在原地繼續住下去，等著政府把路修好一點。

六、問題：以前是否曾有過一些傳統的護坡方法？

回答：利用竹子、樹藤等自然的植物，做成數排的護網都可以擋住一些土石，因為以前的土石流沒有這麼嚴重。還有人會利用石頭和泥土蓋成類似現代這樣的擋土牆，都很有效，應該是以前的土壤比較年輕，比較有力量可以抓地，所以土石流較不嚴重。

七、問題：風災復建的進度的看法？

回答：時間是比較慢，但是路況差有土石流的不只有石磊，整個玉峰村甚至於秀巒村都需要修，不過慢慢修沒關係，一定要把路修好，否則造成生活上的損失，大家上下山不方便，也沒有遊客願意上來，這樣收入會變差很多。我老公自己也有參與一些復建工程如：修築駁坎，修是會修，只是要慢慢來。

*訪問「yaki」的情況



中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

最佳(鄉土)教材獎

081556

艾莉的禮物

新竹縣尖石鄉石磊國民小學

評語：

由家鄉的土石流事件，藉由訪問耆老，找出原住民傳統水土保持方法，並加以改良，研究精神、態度值得讚揚。