

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030815

流動的物質

學校名稱：宜蘭縣立復興國民中學

作者：	指導老師：
國三 范復瑜	張奕郎
國三 商辰莘	岩忠永
國三 朱志峰	

關鍵詞：土壤液化、土石流、土石流防治工法

壹、摘要

本實驗主要透過土壤溫濕/冷熱的改變探討其中現象，例如:探究凍土與霜土在冰凍情況及解凍情況下的土石流失差異，也透過探究土壤的溼度差異，以更加了解不同的現象，應用於災害的防治，改進。除此以外，也探討運用自行規劃的器材對於土石災害的防治程度

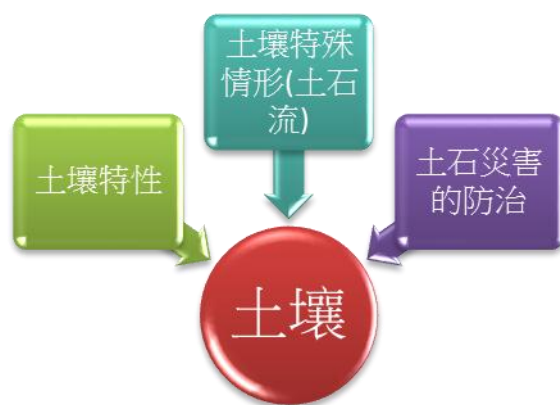
貳、研究動機

每每夏日颱風過境時，總是傳出各式災情，有土石流造成走山，有西南地區因超抽地下水造成地層下陷，導致淹水或偶爾傳出的走山意外等，這些大自然的災害往往帶來一則則悲哀的消息，也正因如此，我們更想要了解促成這些自然災害現象的背景及發生的原因。

參、研究目的

零、土壤濕度值控制

- 一、探討不同的土壤含水量、加入水量及涵蓋範圍大小對土壤的影響
 - 一之一先行實驗：土壤液化定義
 - 一之一：探討含水量的不同對土壤的影響
 - 一之二先行實驗：判斷震動液化情形
 - 一之二：探討土壤在不同水量下的液化情形及液化下不同時間中的土壤狀態
 - 一之三：探討土壤在不同堆疊情況下對相同水量所產生的液化情況
- 二、探討不同的排列方式、組成方式、自然因素、人為因素不同時對土石流失的影響
 - 二之一先行實驗：尋找模擬土石流的極值水量
 - 二之一：探討排列方式及組成方式不同對土石流失的影響
 - 二之二：探討排列方式及組成方式固定下人為因素或自然因素影響下對土石流的影響
- 三、探討如何防治土石災害
 - 三之一：探討如何防治土石流及設計器材
 - 三之二：探討器材在排列方式及組成方式不同下防治土石流的成效
 - 三之三：探討器材在排列方式及組成方式固定下人為因素及自然因素影響下發揮功用及防治的成效
 - 三之四：實地採測校園土壤並測試器材的防治成效
 - 三之五：探討器材對於臺灣易發土石流區的應用程度



實驗架構

肆、研究設備及器材

(僅列出較常用器材)

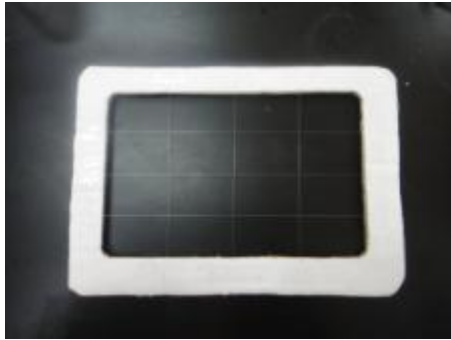
透明塑膠箱 (圖一)	培養土 (圖二)	模擬重量透 明箱	砝碼	16 方格網(圖 三)
振動器(圖四)	三用電表(圖五)	濕敏電阻(圖 六)	量筒	滴管
漏斗	探針(圖七)	磅秤	電線	金剛砂
斜坡，重 900g(圖十一)	尺碼木板 (61.3cm*45.6cm)	降水高度穩 定器(圖八)	土石流失組 合檢定器【斜 坡(800\900)+ 尺碼木板】(圖 十二)	斜坡角架 (圖十) (斜坡 傾斜角度為 15 度，平均坡 度 27%)
斜坡，重 800g(圖九)	燒杯	透明直角塑 膠板	濃度 75%酒精	冰箱
測深竹筷	碼表			



(圖一)



(圖二)



(圖三)



(圖四)



(圖五)



(圖六)



(圖七)



(圖八)



(圖九)



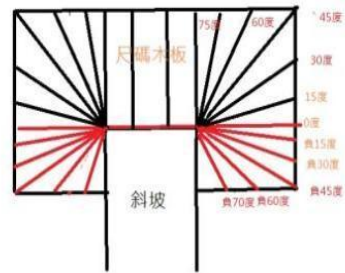
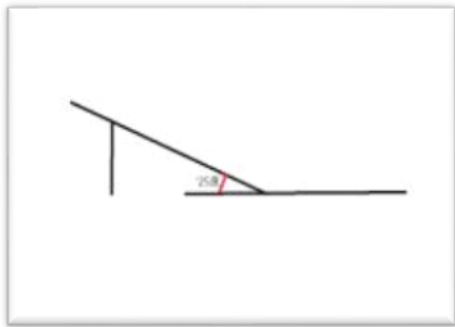
(圖十)



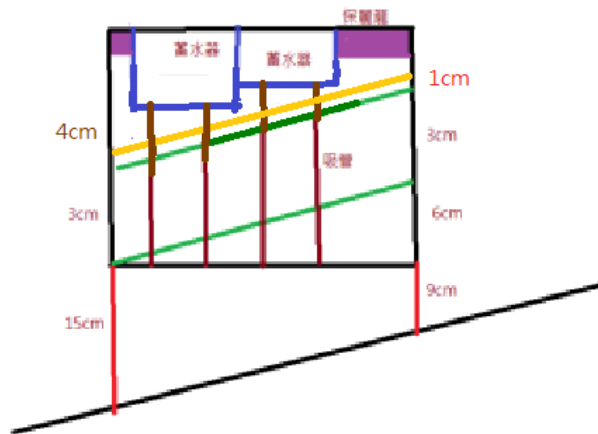
(圖十一)



(圖十二)



{圖十五}尺碼木板側視圖(左圖)，尺碼木板俯視圖(右圖)



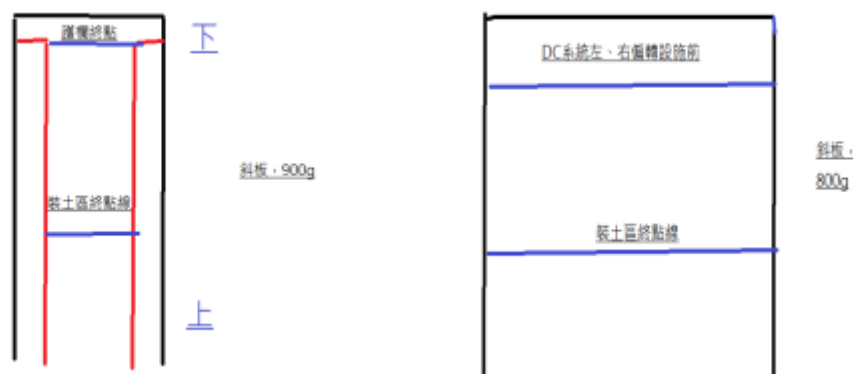
【圖十六】 降水高度穩定器側視圖(上圖)

伍、研究過程及方法

實驗代碼表：

代碼	A	B	C	D
土壤狀態	未加入水	加入 1 至 20 毫升的水	加入 21 至 150 毫升水	加入 151 至 250 毫升的水
代碼	Ba	Bb	Bc	Bd
土壤狀態	加入 1 至 4 毫升的水	加入 5 至 8 毫升水	加入 9 至 12 毫升的水	加入 13 至 16 毫升的水
代碼	Baa	Bab	Bac	Bad
土壤狀態	加入 1 毫升的水	加入 2 毫升的水	加入 3 毫升的水	加入 4 毫升的水
代碼	Bba	Bbb	Bbc	Bbd
土壤狀態	加入 5 毫升的水	加入 6 毫升的水	加入 7 毫升的水	加入 8 毫升的水
代碼	Bca	Bcb	Bcc	Bcd
土壤狀態	加入 9 毫升的水	加入 10 毫升的水	加入 11 毫升的水	加入 12 毫升的水
代碼	Bda			
土壤狀態	加入 13 毫升的水			
代碼	OUAD	AUOD		
土沙排列方式	Soil up sand down	Sand up soil down		
土沙比例	1:1	1:2	2:1	
土沙比例所指重量	土 220g、砂 220g	土 220g、砂 440g	土 440g、砂 220g	
斜坡道(800g\900g)劃分代碼	UP	BETWEEN	DOWN	
斜坡道(800g\900g)劃分(請閱下方圖零)	(請閱下方圖零)	(請閱下方圖零)	(請閱下方圖零)	
自然因素或人為因素影響代碼	S.a.d 5*5*2.5	S.a.d 10*10*2.5	Frost 50	Frost 120
自然因素或人為因素影響實指事物	Slope angle destruction (square 5*5*2.5)	Slope angle destruction (square 10*10*2.5)	Frost 50minute	Frost 120minute
自然因素或人為因	Frost 240			

素影響代號				
自然因素或人為因素影響實指事物	Frost 240minute			
震動計時方式代碼	After begin	Before begin		
震動計時方式	震動器震動當下開始計算	加完水當下開始計算		
實地採測土壤代號	SPW			
實地採測土壤實指意義	School Playground West			



(圖零)

零、土壤濕度值控制

1. 取一玻璃透明箱〈28—17.5—17〉立方公分，裝入 920g 的土(搖動土後最高點及最低點幅差不超過 0.1cm)，並將一裝入水的箱子(模擬重量，箱子加水後合計重量為 200kg)壓在土上，
2. 使用濕敏電阻在 16 方格網上任取 5 方格，測試土壤初始濕度
3. 測試不同毫升的水量對土壤濕度的影響
4. 觀察三用電表

一、探討不同的土壤含水量、加入水量及涵蓋範圍大小對土壤的影響

一之一先行實驗:土壤液化定義

- 1、 取一透明箱〈28—17.5—17〉立方公分，裝入920g 的土(搖動土後最高點及最低點幅差不超過0.1cm)，並將一裝入水的箱子(模擬重量，箱子加水後 合計重量為200kg)壓在土上，根據 $V \times D = M$ (V:體積，D:密度，M:重量)的公式
- 2、 放入16顆100g 的砝碼(以電子秤測量過重量)置於16方格網每網格的中間，使實驗土壤上每平方所受的重量相等
- 3、 加入水量60ml

4、開啟震動器

5、統整歸納

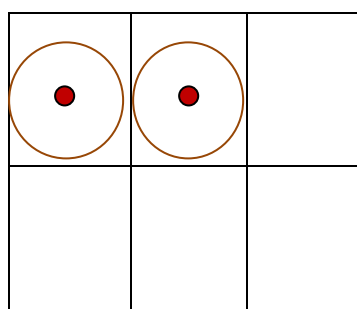
一之一：探討含水量的不同對土壤的影響

1、取一透明箱〈28—17.5—17〉立方公分，裝入920g 的土(搖動土後最高點及最低點幅差不超過0.1cm)，並將一裝入水的箱子(模擬重量，箱子加水後合計重量為200kg)壓在土上，根據 $V \times D = M$ (V:體積，D:密度，M:重量)的公式，可以得知當 M 及 V 相同時 D 也會相同，由此我們使此實驗土壤顆粒間的縫隙大小皆相同

2、放入 16 顆 100g 的砝碼(以電子秤測量過重量)置於 16 方格網每網格的中間，使實驗土壤上每平方所受的重量相等

3、將 39.2ml 的水均勻在 16 方格網每網格灑入(每網格倒入約 2ml 的水)並使土壤到達濕度 30%(濕度 30%指濕敏電阻測到的電阻值為 2400 千歐姆{土壤溫度 15 度})

4、開啟按摩器(模擬震動)，並將震度調到最大，每格震動一分鐘



【圖十七】(震動分區，箱底) 紅點震源，每格震動一分鐘

5、觀察土壤下降距離(cm)

6、在濕度 20%造成的土壤下降距離(cm)標一記號

7、再分別使土壤濕度到達 50%(濕度 50%指濕敏電阻測到的電阻值為 140 千歐姆{土壤溫度 15 度})、70%(濕度 70%指濕敏電阻測到的電阻值為 16 千歐姆{土壤溫度 15 度})並觀察土壤下降距離(cm)(此指換上新土及以新土測試)

8、分別測試濕度 30%、濕度 50%濕度、70%五次

一之二先行實驗 判斷震動液化情形

1、取一玻璃透明箱〈28—17.5—17〉立方公分，裝入 920g 的土(搖動土後最高點及最低點幅差不超過 0.1cm)，並將一裝入水的箱子(模擬重量，箱子加水後合計重量為 200kg)壓在土上，根據 $V \times D = M$ (V:體積，D:密度，M:重量)的公式，可以得知當 M 及 V 相同時 D 也會相同，由此我們使此實驗土壤顆粒間的縫隙大小皆相同

2、分別倒 15、20、25、30、40、50、60ml 的水

3、觀察液化情形(土壤液化我們定義為土壤孔隙冒出水並於震動中或震動後水上產生氣泡)

- 4、開啟振動器(模擬震動，每格震動一分鐘)
 - 5、判斷是 After Begin 或 Before Begin
- 一之二：探討土壤在不同水量下的液化情形及液化下不同時間中的土壤狀態
- 1、取一透明箱〈28—17.5—17〉立方公分，裝入920g 的土(搖動土後最高點及最低點幅差不超過0.1cm)，並將一裝入水的箱子(模擬重量，箱子加水後合計重量為200kg)壓在土上
 - 2、分別倒 15、20、25、30、40、50、60ml 的水
 - 3、開啟振動器(模擬震動，每格震動一分鐘)
 - 4、觀察液化情形
 - 5、各測試 15、20、25、30、40、50、60ml 五次
- 一之三：探討土壤在不同堆疊情況下對相同水量所產生的液化情況
1. 取一透明箱〈28—17.5—17〉立方公分，裝入920g 的土(搖動土後最高點及最低點幅差不超過0.1cm)，並將一裝入水的箱子(模擬重量，箱子加水後合計重量為200kg)壓在土上
 2. 將 920g 的土平均切割成十六塊大小、高度、深度、密度皆相同的土方(重 57.5g)
 3. 將一塊土方(重 57.5g)置於透明塑膠箱的任一角，用馬克筆將土壤原本範圍標記
 4. 加入 30ml 的水
 5. 觀察土壤及水的溢散現象，並用馬克筆標記水和土的溢散範圍
 6. 測試五次
 7. 再分別測試 50ml、60ml 各五次
 8. 再取兩塊土方(總重 115g)，以向上堆積的方式堆疊土方，並畫記土方原本範圍
 9. 重複上述 4 到 7 步驟



【圖十八】土方向上堆積側視圖

二、探討不同的排列方式、組成方式、自然因素、人為因素不同時對土石流失的影響

二之一先行實驗:尋找模擬土石流的極值水量

- 1、將土壤分別以沙子、土壤比取 1：2 排列方式 OUAD，沙子、土壤比取

2：1 排列方式 OUAD，沙子、土壤比取 1：1 排列方式 AUOD，沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD(1：1、1：2、2：1 係指土壤沙子重量比且重量為 220g：220g，220g：440g，440g：220g，此重量係以磅秤測出。OUAD、AUOD 分別指 Soil up sand down、Sand up soil down)

- 2、將土壤及沙子依上述排列方式置於斜坡板(重 900g)上加入水量 1000ml 於降水高度控制器【控制水滴掉落至實驗體(土方)的距離，以控制位能】
- 3、觀察土石流現象
- 4、測試五次
- 5、判斷是 UP、BETWEEN 或 DOWN
- 6、再分別測試、500ml、700ml 各五次

二之一：探討排列方式及組成方式不同對土石流失的影響

- 1、重複步驟二之一第 1 至第 5，每一組合測試五次

二之二：探討排列方式及組成方式固定下人為因素或自然因素影響下對土石流失的影響

人為因素:

- 1、計算二之一實驗組合中綜合數據最高者
- 2、將土壤分別以沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD，
- 3、放置在斜坡板(重 900g)上
- 4、在斜坡板左邊土堆挖 5*5* 2.5 的洞
- 5、以直角塑膠板隔絕 5*5*2.5 此範圍內的土並將之移除
- 6、加入水量 1000ml 於降水高度控制器觀察土石流失現象
- 7、測試五次
- 8、分別測試沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD 掘 5*5* 2.5，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD 掘 5*5* 2.5，沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD 掘 10*10* 2.5，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD 掘 10*10*2.5 以上實驗組合五次

自然因素:

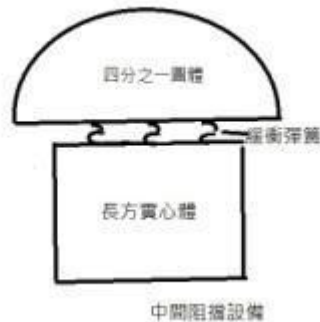
- 1、計算二之一實驗組合中綜合數據最高者
- 2、將土壤分別以沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD，將上列兩組合拿至冰箱冰凍 50 分鐘
- 3、在常溫(20 至 25 度之間)下放置 5 分鐘
- 4、放置在斜坡板(重 900g)上
- 5、加入水量 1000ml 於降水高度控制器觀察土石流失現象
- 6、測試五次
- 7、分別觀察將土壤分別以沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD，拿至冰箱冰凍 120 分鐘、240 分鐘所

產生的土石流失現象，以上實驗皆各測試五次

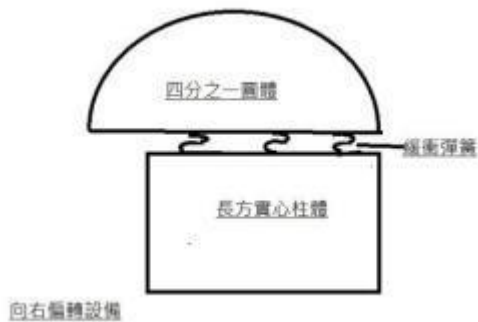
三、探討如何防治土石災害

三之一：探討如何防治土石流及設計器材

- 1、綜合前兩大項實驗結果
- 2、**核心概念**:藉由分層偏轉土石流(泥石流)降低衝擊力、減緩速度，並在分層過程中導引土石至攔截網內，達成土石流(泥石流)防治
- 3、**規格**: DC 系統中間阻擋設備共兩個，DC 系統向右偏轉設備共一個，DC 系統向左偏轉設備共一個，DC 系統攔沙壩加攔截網共一個；D 中間阻擋設備兩者間距離兩者間需距 19cm 移動正負 2cm，向右偏轉設備及向左偏轉設備需距 37.5cm 可移動正負 3cm，攔沙壩加攔截網兩沙壩需距 23cm 整體可移動正負 4cm
- 4、設計以下器材(以下簡稱 DC 系統，器材:



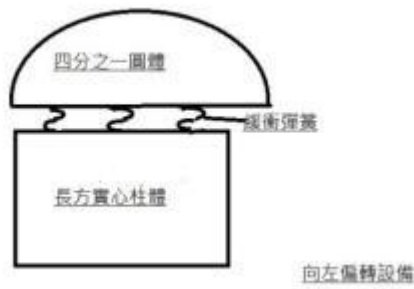
(圖十九)DC 系統中間阻擋設備



(圖二十)DC 系統向右偏轉設備



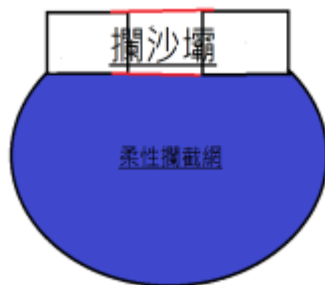
(圖二十一)



(圖二十二)DC 系統向左偏轉設備



(圖二十三)

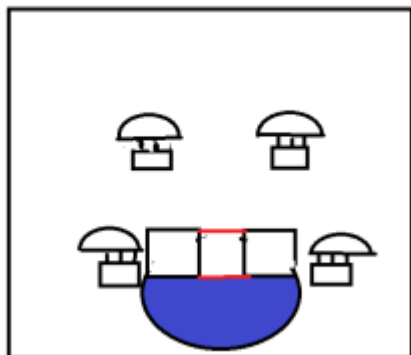


(圖二十四)DC 系統攔沙壩加攔截網



(圖二十五)

DC 系統架構:



(圖二十六) DC 系統架構



(圖二十七)

- ◆ **中間阻擋設備:**引導土石做初步分流,及偏轉土石並藉由偏轉過程降低破壞力
- ◆ **向右偏轉設備:**轉移初步分流後向右分流的土石,並再行分流,一邊導往攔沙壩加攔截網,另一邊則繼續偏轉土石並藉由偏轉過程降低破壞力
- ◆ **向左偏轉設備:**轉移初步分流後向左分流的土石,並再行分流,一邊導往攔沙壩加攔截網,另一邊則繼續偏轉土石並藉由偏轉過程降低破壞力
- ◆ **攔沙壩加攔截網:**攔截遭向右偏轉設備、向左偏轉設備,導引而來的沙泥、土石

三之二：探討器材在排列方式及組成方式不同下防治土石流的成效

- 1、 將土壤分別以沙子、土壤比取 1：2 排列方式 AUOD，沙子、土壤比取 2：1 排列方式 AUOD，
- 2、 將土壤及沙子依上述排列方式置於斜坡板(重 800g)上
- 3、 架設 DC 系統
- 4、 加入水量 1000ml 於降水高度控制器【觀察土石流失現象】
- 5、 每一組合測試五次

三之三：探討器材在排列方式及組成方式固定下人為因素及自然因素影響下發揮功用及防治的成效

分別計算人為因素及自然因素如二之二

三之四：實地採測校園土壤並測試器材的防治成效

- 1、 查測氣象(晴)
- 2、 至校園任一處採集土壤
- 3、 將土壤量測 440g 並放置於斜坡(重 800g)上
- 4、 架設 DC 系統
- 5、 加入水量 1000ml 於降水高度控制器【控制水滴掉落至實驗體(土方)的距離，以嘗試控制位能】
- 6、 觀察土石流失現象
- 7、 測試五次
- 8、 再量測 600g 的土放置於斜坡(重 800g)上，並重複 4 至 7 步驟

三之五：探討器材對於臺灣易發土石流區的應用程度

- 1、 尋找宜蘭地區易發土石流區
- 2、 查詢當地地質條件
- 3、 評估運用程度

陸、研究結果

一、結果：

零、土壤濕度值控制

土壤狀態	電阻值(K 歐姆)	土壤溫度(攝氏)	溼度(%)	土壤狀態	電阻值(K 歐姆)	土壤溫度(攝氏)	溼度(%)	土壤狀態	電阻值(K 歐姆)	土壤溫度(攝氏)	溼度(%)
A	837	19	35	Bac	182	19	45	Bbb	94	19	50
A	920	19	35	Bac	156	19	45	Bbc	99	19	50
A	839	19	35	Bba	120	19	50	Bbc	85	19	50
A	774	19	35	Bba	217	19	50	Bbd	119	19	50
A	875	19	35	Bbb	111	19	50	Bbd	120	19	50
Bca	95	19	50	Bca	79	19	50				

◆ 註:

◆ 由於本實驗使用的濕敏電阻濕度數值間級距較大，故當出現不是剛好停留在濕度表示的數值上，我們會計算此數值與相鄰兩數值間的差，再取較小的差值

一、 探討不同的含水量、物重、震動及涵蓋範圍大小對土壤液化的影響

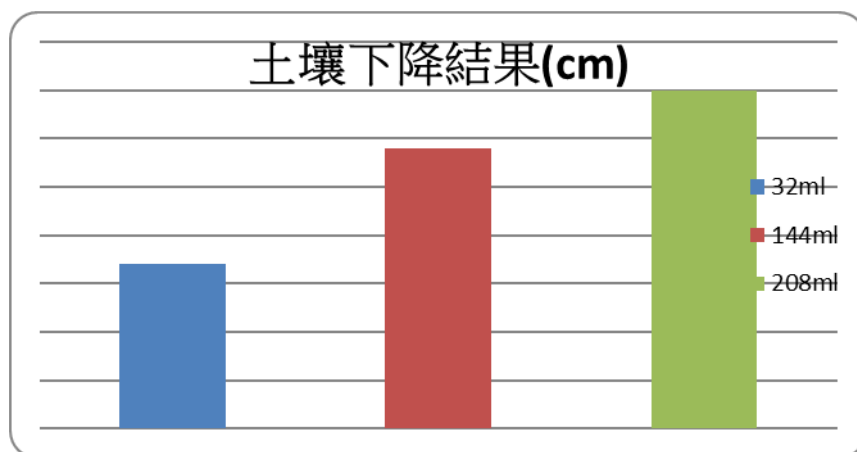
一之一先行實驗:土壤液化定義

原土壤狀態	加入水量	震動	土壤液化情況(震動前)	土壤液化情況(震動後)
A	60ml	有	水高過土石	水上冒泡
A	60ml	同上	同上	同上
A	60ml	同上	同上	同上
A	60ml	同上	同上	同上
A	60ml	同上	同上	同上
A	70ml	同上	同上	同上
A	70ml	同上	同上	同上
A	70ml	同上	同上	同上
A	70ml	同上	同上	同上

A	70ml	同上	同上	同上
---	------	----	----	----

一之一：探討含水量的不同對土壤的影響

初始土壤濕度 %	土壤濕度 %	箱子淨重 g	土壤淨重 g	加入水量 ml	土壤高度 cm	土壤下降結果 (平均值)	土壤狀態
20%	30%	480	920	32	4	0.34cm	Bab
35%	50%	480g	920g	144ml	4cm	0.58cm	Bca
35%	50%	480g	920g	208ml	4cm	0.7cm	Bca



- ◆ 土壤濕度是指由濕敏電阻的電阻值對應相對濕度，但因土壤不可能濕度為 0%，故我們的實驗裡土壤的最低濕度為 35%，濕度 20%因當時氣候乾燥，為特殊案例，其餘土壤初始溫度皆為 35%，濕度 30%電阻值為 2400 千歐姆{土壤溫度 15 度}，濕度 50%指濕敏電阻測到的電阻值為 140 千歐姆{土壤溫度 15 度}，濕度 70%指濕敏電阻測到的電阻值為 16 千歐姆{土壤溫度 15 度}。特別強調溫度因濕敏電阻在不同溫度下電阻值不同，但所指濕度相同(詳見參考資料)

一之二先行實驗 判斷震動液化情形

加入水量	箱子淨重	土壤高度	(平均五次後)震動前液化率	(平均五次後)震動後液化率	(平均五次後)判斷
15ml	480g	920g	0%	100%	After begin
20ml	480g	920g	0%	100%	After begin
25ml	480g	920g	0%	100%	After begin
30ml	480g	920g	0%	100%	After begin
40ml	480g	920g	20%	80%註 2	After begin
50ml	480g	920g	100%	0%註 3	Before begin
60ml	480g	920g	100%	0%註 3	Before begin

- ◆ 補述:

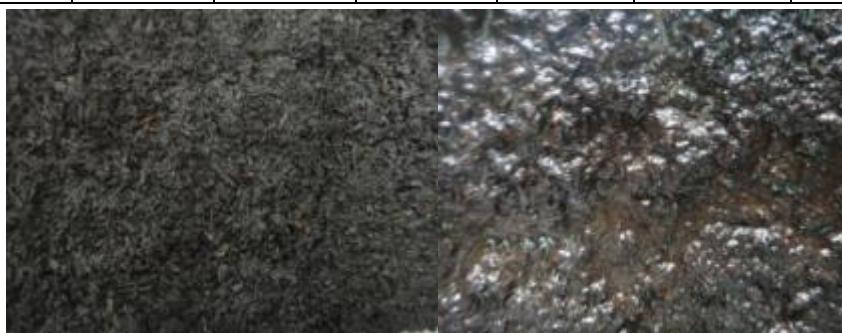
- ◆ 判斷是指綜合加入水量、震動前液化、震動後液化等數據，再以重複出現的頻率，以此來確認分類為 After begin 或 Before begin
- ◆ 雖然 15ml、20ml、25ml 土壤無明顯液化情形，但本實驗依然化分為 After begin

※ 註:

- ※ 1.動器震動當下開始計算，代表符號 After begin；從加完水當下開始計算，代表符號 Before begin
- ※ 2.水量 40ml 有一次實驗為土壤在震動前已液化
- ※ 3.水量 50ml 及 60ml 兩者皆為震動前已液化

一之二：探討土壤在不同水量下的液化情形及液化下不同時間中的土壤狀態

加入水量	箱子淨重	土壤淨重	土壤高度	震動	平均成果 (秒數、滲水)	平均成果(秒數、液化)	震動計時方式代號
15ml	480g	920g	4cm	有	無液化現象		After begin
20ml	480g	920g	4cm	有	無液化現象		After begin
25ml	480g	920g	4cm	有	無液化現象		After begin
30ml	480g	920g	4cm	有	45 秒	73.6 秒	After begin
40ml	480g	920g	4cm	有	2.8 秒	7.2 秒	After begin
50ml	480g	920g	4cm	無	0 秒	0 秒	Before begin
60ml	480g	920g	4cm	無	0 秒(註)	0 秒(註)	Before begin





(圖二十八)土壤液化情況。右上、左上為加水前、加水後
右下、左下為土壤液化前產生的裂痕

- ◆ 補述:
- ◆ 液化現象我們判斷依據為水面高於土壤表面。
- ◆ 因文獻調查我們發現土壤液化通常發生在震動過後，故我們設定滲水時間計秒從震動器震動當下開始計算，所以如果土壤液化發生在震動計秒開始前，則此成果(秒數、滲水)格時間記為 0 秒
- ◆ 我們實驗計算液化時間的方式是以先行實驗判斷並以此分為兩種，一種為從震動器震動當下開始計算，另一種為從加完水當下開始計算
- ◆ 如果計算液化的方式為從加完水當下開始計算且在加完水當下，碼表按下前土壤即以液化，則此成果(秒數、液化)格時間計為 0 秒
- ◆ 本實驗液化現象指在任何濕度情況下都應有所反應，故本表不列出土壤、空氣濕度。液化現象我們判斷依據為水面高於土壤表面。

※ 註:

※ 1.水量 60ml 此實驗在完全加入水後立刻形成泥流

一之三：探討土壤在不同堆疊情況下對相同水量所產生的液化情況



(圖二十九)

加入水量	箱子淨重	土壤淨重	土壤高度	震動	堆疊方式 (土方與底部呈垂直面或水平面)	平均成果(秒數、液化)
30ml	480g	920g	4cm	有	水平面)	17 秒
50ml	480g	920g	4cm	有	水平面)	15 秒
60ml	480g	920g	4cm	無	水平面)	10 秒
30ml	480g	920g	4cm	有	垂直面	285 秒

50ml	480g	920g	4cm	有	垂直面	210 秒
60ml	480g	920g	4cm	無	垂直面	60 秒

二、 探討不同的排列方式、組成方式、自然因素、人為因素不同時對土石流失的影響

二之一先行實驗:尋找模擬土石流的極值水量

土壤重量	金剛砂重量	比例	排列方式	加入水量	平均成果代碼
220g	220g	1:1	AUOD	500ml	BETWEEN
220g	220g	1:1	AUOD	700ml	BETWEEN
220g	220g	1:1	AUOD	1000ml	DOWN
220g	440g	1:2	AUOD	500ml	UP
220g	440g	1:2	AUOD	700ml	BETWEEN
220g	440g	1:2	AUOD	1000ml	DOWN
440g	220g	2:1	AUOD	500ml	BETWEEN
440g	220g	2:1	AUOD	700ml	BETWEEN
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	DOWN
220g	220g	1:1	OUAD	1000ml	DOWN
220g	220g	1:1	OUAD	500ml	BETWEEN
220g	220g	1:1	OUAD	700ml	BETWEEN
220g	440g	1:2	OUAD	1000ml	DOWN
220g	440g	1:2	OUAD	500ml	BETWEEN
220g	440g	1:2	OUAD	700ml	BETWEEN
440g	220g	2:1	OUAD	1000ml	DOWN
440g	220g	2:1	OUAD	500ml	BETWEEN
440g	220g	2:1	OUAD	700ml	BETWEEN

二之一：探討排列方式及組成方式不同對土石流失的影響

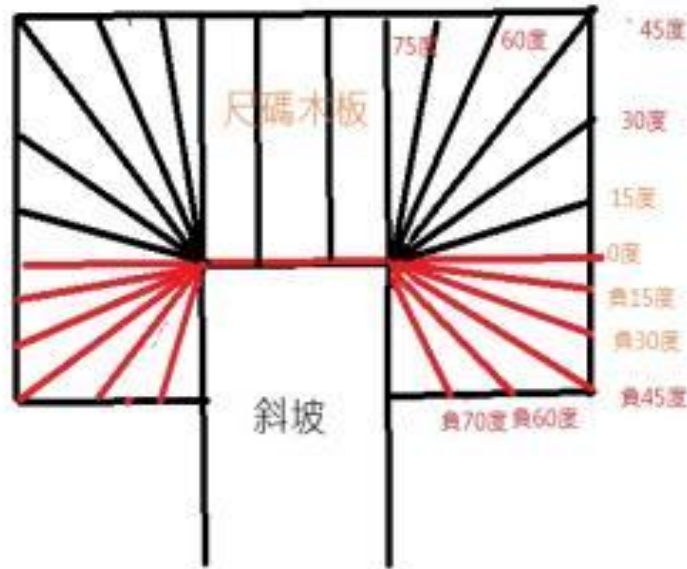
土壤重量	金剛砂重量	比例	排列方式	加入水量	平均土石散佈最遠	平均土石分佈區度(左)	平均土石分佈區度(右)	平均土石崩落秒數	平均分佈區域表面積(cm ²)	平均分佈角遠(左)	平均分佈角遠(右)	土石崩落數占原比例(%) (正負10%)
220g	220g	1:1	AUOD	1000ml	21.2	負90	負90	18	1390	10.8	18	50%

						至 90	至 90					
220g	220g	1:1	OUAD	1000ml	23	負 90 至 90	負 90 至 90	17.9	1350.5	19	18	40%
220g	440g	1:2	OUAD	1000ml	16.8	負 90 至 90	負 90 至 90	18.4	923.75	13	17.8	54%
220g	440g	1:2	AUOD	1000ml	27	負 90 至 90	負 90 至 90	18	1445.25	35	10	65%
440g	220g	2:1	OUAD	1000ml	25	負 90 至 90	負 90 至 90	18	1420.5	16	18	80%
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	28	負 90 至 90	負 90 至 90	18	1450.75	6	18.75	89%



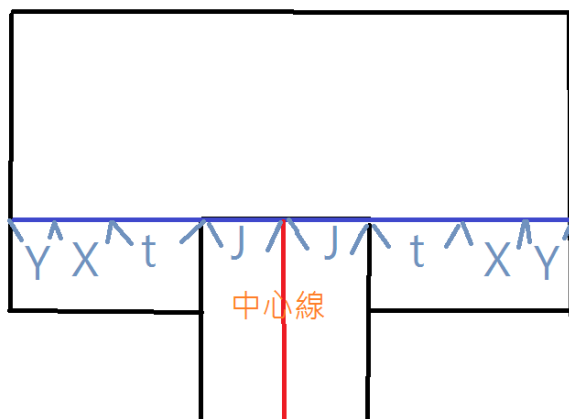
(圖三十)土石流現象

◆ 補述:



- ◆ 平均土石散佈最遠，指的是當土石流下停在尺碼木板上，則平均土石散佈最遠的有效計算區為 75 度(左)至 75 度(右)
- ◆ 平均土石分佈區度(左)，指的是當土石流下停在尺碼木板上，平均土石分佈區度(左)代表土石在斜坡左邊有所分佈的區域，有效計算區為斜坡左邊負 90 度至 90 度。平均土石分佈區度(右)亦同理
- ◆ 有所分佈的區域，指的是土石至少擁有 5cm 的覆蓋範圍及土石間距離不得超過 1.5cm，否則只能算是碎狀分布，不納入計算
- ◆ 尺碼木板格數間距皆為 5cm，角度差皆為 15 度
- ◆ 綜合數據是依以下自行建立的公式計算而得的結果
(C、t、X、Y 皆為變值，依當次土壤狀況而定，但大略定義為 C:土石散佈最遠距離；t:自變數，僅至中心線兩端需距離相同；X:應變數，t 值改動即改動；Y:應變數，三角外，t、Y 值改動即改動；II:值，代表土壤分佈區域面積)(詳見下圖)
- 1、 (t>X>Y)架構公式: $2C(J+t+X)+t(C-J-X)+X(X+t)+2YJ+J+(X+Y)(t+J)=II$
- 2、 當(t>X>Y)僅長邊觸邊 : $2C(J+t+X)+t(C-J-X)+X(X+t)+2YJ+J+(X+Y)(t+Y)+[(XY+X+tY+t)/2]=II$
- 3、 當(t>X>Y)僅短邊觸邊 : $2C(J+t+X)+t(C-J-X)+X(X+t)+2YJ+J+(X+Y)(t+Y)+[(XY+tY)/2]=II$
- 4、 (t>X=Y)雙邊觸邊 : $2C(J+t+X)+t(C-J-X)+X(X+t)+2YJ+J+(X+Y)(t+Y)+[(XY+X+tY+t)/2]+[(XY+tY)/2]=II$
- 5、 (X>t>Y)當土石集中左邊或右邊
 $C(1/2X+Y)+(2C+2X-2Y-6J)(t+J)+1/4\pi(XC-3tX-3tC)=II$
- 6、 當 Z 等於偶數時 $t=1/2 \times Z+1$

- 7、當 Z 等於奇數時 $t=1/2 \times Z$ ，無條件進位
- 8、 Z :土石垂直斜坡板的距離
- 9、 $X-Y=1$ ； $t-Y=1$
- 10.依據土壤分佈情形，實際數值可能有 3 至 6cm^2 的差異



- ◆ 平均分布角遠(左):指的是當土石流下停止於尺碼木板上，土石停留在左邊 60 度角線上垂直於 0 度線的距離，平均分布角遠(右)亦同

二之二：



(圖三十一)

土壤重量	金剛砂重量	比例	排列方式	加入水量	平均土石散佈最遠	平均土石分佈區度(左)	平均土石分佈區度(右)	平均土石流崩落秒數	影響因素	平均分布角遠(左)	平均分布角遠(右)	土石崩落數占原比例(%) (正負10%)
440g	220g	2:1	AUO D	1000 ml	24.3	負90至	負90至	12	S.a.d 5*5*2 .5	7	15	78%

						90	90					
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	22.9	負90至90	負90至90	11.3	S.a.d 10*10*2.5	18	5	85%
220g	440g	1:2	AUOD	1000ml	20	負90至90	負90至90	12	S.a.d 5*5*2.5	19	18	65%
220g	440g	1:2	AUOD	1000ml	19.6	負90至90	負90至90	12.5	S.a.d 10*10*2.5	15	17	69%
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	40	負90至90	負90至90	8.5	Frost 50	25	23	50%
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	40	負90至90	負90至90	9	Frost 50	20	25	60%
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	29	負90至90	負90至90	9	Frost 120	20	25	40%
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	25	負90至90	負90至90	9	Frost 240	20	25	20%

◆ 補述:

因尋找最大災害值的關係，故本實驗在霜凍(Frost)實驗中僅執行最容易引發土石流的排列方式 AUOD，組成土 440g、砂 220g

三、探討如何防治土石災害

三之一：探討如何防治土石流及設計器材



(圖三十二)

三之二：探討器材在排列方式及組成方式不同下防治土石流的成效

土壤重量	金剛砂重量	比例	排列方式	加入水量	平均土石散佈最遠	平均土石分佈區度(左)	平均土石分佈區度(右)	平均土石崩塌秒數	土石崩落數占原比例(%) (正負10%)	攔截網內土石重(g)比攔截網外土石重(g)	綜合效能
220g	220g	1:1	AUOD	1000ml	40	負 90 至 90	負 90 至 90	9	80%	4:3	r
220g	220g	1:1	OUAD	1000ml	40	負 90 至 90	負 90 至 90	8	86%	8:3	5r
220g	440g	1:2	OUAD	1000ml	39.5	負 90 至 90	負 90 至 90	8.7	60%	3:1	2r
220g	440g	1:2	AUOD	1000ml	36.2	負 90 至 90	負 90 至 90	9.2	75%	5:2	3r
440g	220g	2:1	OUAD	1000ml	39.8	負 90	負	9	79%	7:3	4r

						至 90	90 至 90				
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	34.3	負 90 至 90	負 90 至 90	7.1	93%	2:1	r



(圖三十三)

- ◆ 平均土石散佈最遠:雖然實驗時攔截網攔有土石在其中，但受制於攔截網容量及大小，故土石最遠前進距離僅 30cm 且因實驗結果在攔截網內(土石散佈最遠)幾近相同，故本實驗結果列出的平均土石散佈最遠為攔截網外的實驗結果
- ◆ 綜合效能(r):指攔截網內土石重(g)比攔截網外土石重(g)相減後得到的數值，綜合效能用以評估 DC 系統的系統結果，無等級特殊意義，只要為正值，代表值越高即利用程度越強，若為負值，則相反

三之三：探討器材在排列方式及組成方式固定下人為因素及自然因素影響下發揮功用及防治的成效

土壤重量	金剛砂重量	比例	排列方式	加入水量	平均土石散佈最遠	平均土石分佈區度(左)	平均土石分佈區度(右)	平均土石流崩落秒數	影響因素	平均分布角遠(左)	平均分布角遠(右)	土石崩落數占原比例(%) (正 負 10%)	攔截網內土石重(g)比攔截網外土石重(g)	綜合效能
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	29.4	負 90 至 90	負 90 至 90	12	S.a. d 5* 5* 2.5	24.3 cm	25cm	86%	3:2	r
440g	220g	2:1	AUOD	1000ml	35	負 90 至 90	負 90 至 90	11.3	S.a. d	25cm	27cm	95%	3:5	-2r

0 g	0 g		O D	0 m l		至 90	至 90		10 *1 0* 2.5					
2 2 0 g	4 4 0 g	1: 2	A U O D	1 0 0 m l	26.7	負 90 至 90	負 90 至 90	12	S.a. d 5* 5* 2.5	18.4 cm	16.4 cm	75%	2:1	r
2 2 0 g	4 4 0 g	1: 2	A U O D	1 0 0 m l	28.3	負 90 至 90	負 90 至 90	12.5	S.a. d 10 *1 0* 2.5	21.6 cm	22.3 cm	79%	5:3	2r
4 4 0 g	2 2 0 g	2: 1	A U O D	1 0 0 m l	27.9	負 90 至 90	負 90 至 90	8.5	Fro st 50	14.2 cm	15.5 cm	50%	4:3	r
4 4 0 g	2 2 0 g	2: 1	A U O D	1 0 0 m l	15c m	負 90 至 90	負 90 至 90	9	Fro st 24 0	12.9 cm	10.6 cm	35%	5:6:	-r
4 4 0 g	2 2 0 g	2: 1	A U O D	1 0 0 m l	10c m	負 90 至 90	負 90 至 90	9	Fro st 12 0	7.4c m	8.0c m	19%	4:1	3r

三之四：實地採測校園土壤並測試器材的防治成效

土壤 重量	排列 方式	加入 水量	平均	平均 土石	平均 土石	平均 土石	採集 土壤	平均 分布	平均 分布	土石 崩落	攔截 網內	綜合 效能
----------	----------	----------	----	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

			土 石 散 佈 最 遠	分 佈 區 度 (左)	分 佈 區 度 (右)	流 崩 落 秒 數	地 區 代 碼	角 遠 (左)	角 遠 (右)	數 占 原 比 例 (%)(正負 10%)	土 石 重 (g) 比 攔 截 網 外 土 石 重 (g)	
440g	AUO D	1000 ml	40c m	負90 至90	負90 至90	11秒	SPW	25c m	16c m	60%	6:1	5r
660g	AUO D	1000 ml	40c m	負90 至90	負90 至90	18秒	SPW	23c m	25c m	96%	7:4	3r

※ 實地採測土壤 SPW 以廣用試紙測試後，土壤偏酸性(PH6)



(圖三十四)

三之五：探討器材對於臺灣易發土石流區的應用程度

- 1、因國內有許多大大小小的河川，故本實驗僅評斷宜蘭縣境內
- 2、本器材能發揮最大效能的平均坡度為 7/25，所以我們必須找尋宜蘭地區適合此坡度的溪流。

柒、結果討論

零、土壤濕度值控制

經實驗後我們發現當土壤在未加入水的情況下，雖然電阻值有所不同，但濕度值依舊為 35%，當土壤加入 3ml 的水後，土壤的濕度值為 45%，當土壤加入 5ml、6ml、7ml、8ml、9ml 的水後，土壤的濕度值皆為 50%

一、 探討不同的含水量、物重、震動及涵蓋範圍大小對土壤的影響

一之一先行實驗:土壤液化定義

由實驗結果我們定義土壤液化主動條件為水高過土壤(石)，被動條件為水經振動後水上產生氣泡

一之一：探討含水量的不同對土壤的影響

由實驗結果可知土壤在濕度 70%時下降距離明顯，濕度 50%次

之，濕度 30%時下降距離最短，如此我們可知濕度越高土壤液化情形越明顯

一之二先行實驗 判斷震動液化情形

我們觀察到的液化現象大致可區分為兩大類型，50ml、60ml 此類為不需震動即可完全液化、15ml、20ml、25、30ml 此類為需要震動後才可液化

一之二：探討土壤在不同水量下的液化情形及液化下不同時間中的土壤狀態

我們觀察到液化時間會隨著水量增高而減短，但只有在 30ml 至 40ml 之間低於 30ml 土壤不會有任何明顯反應，高於 40ml 土壤會直接液化，不過大致上我們還是歸納出土壤液化的進程，首先土壤加水，土壤吸水後，產生裂痕、直接液化或無發生任何反應，再來土壤裂痕滲水，周圍滲水，最後液化

一之三：探討土壤在不同堆疊情況下對不同水量所產生的液化情況

我們觀察到當土壤向上堆積則液化所需的平均秒數增加

二、探討不同的排列方式、組成方式、自然因素、人為因素不同時對土石流失的影響

二之一先行實驗:尋找模擬土石流的極值水量

目前我們找到最低引發引一定規模土石流的水量為 1000ml

二之二：探討排列方式及組成方式不同對土石流失的影響

目前我們觀察到最容易引發土石流的排列方式為 AUOD，組成土 440g、砂 220g

二之二：探討排列方式及組成方式固定下人為因素或自然因素影響下對土石流的影響

我們發現當坡腳破壞越嚴重，土石流失情況也越嚴重及當土壤冰凍時間越長土石滑動、崩落情形較少發生，但當解凍時間越長，土石流失的情況會較大

三、探討如何防治土石災害

三之一：探討如何防治土石流及設計器材

此裝置基本運作方式為,當土石流流下,中間兩個阻擋設備利用1/4圓分散土石流並降低土石衝擊力,在中間阻擋設備分散土石流後會有部分土石流至攔沙壩加攔截網,另一部分土石則會繼續受到向右偏轉設備及向左偏轉設備分散,已達成遠離原定災區'降低土石衝擊力及攔阻土石。

三之二：探討器材在排列方式及組成方式不同下防治土石流的成效

由實驗結果可知 DC 系統綜合效能皆為正值，故我們認定利用程度為極大

三之三：探討器材在排列方式及組成方式固定下人為因素及自然因素影響下發揮功用及防治的成效

實驗結果顯示在人為因素 S.a.d5*5*2.5、S.a.d10*10*2.5 影響下 DC 系統綜合效能雖有負值，但僅為一例，故我們評斷利用程度高，而自然因素 Frost50、120、240 中 Frost240 為負值，但我們認為這為土壤結塊情況下，大型土石粒掉落所造成的，故我們依舊判斷利用程度為高

三之四：實地採測校園土壤並測試器材的防治成效

由實驗結果可知 DC 系統對由校園採集而來的土壤的綜合效能極高，我們判斷利用程度極大

三之五：探討器材對於臺灣易發土石流區的應用程度

根據我們調查的資料，發現宜蘭地區有下列溪流坡度接近本實驗器材的最大效能：頭城沿海河系流域的大溪川、南澳沿海河系流域東澳溪、和平溪

【評語】 030815

探討土壤液化的條件及防治土石流的方法，很有研究的精神和熱忱，建議可增加模擬的真實性，比較會有說服力。